

研究論文

BOSU バランストレーナーを利用した動的バランステストの開発

—BOSU バランステストの信頼性及び妥当性の検討—

佐 美 靖・森 谷 梨・小 田 史 郎・新井田 洋 子

Establishment of the BOSU Balance Test for the Evaluation of Dynamic Balance Ability:
Reliability and Validity

TAKUMI Yasushi, MORIYA Kiyoshi, ODA Shiro and NIIDA Yoko

1. 緒 言

高齢者にとって身体能力を高く保持し、しっかりと足取りでバランスを保持しながら歩行できること、並びに転倒事故による障害や寝たきりを防ぐことは重要である。高齢者になると、筋力の低下と平衡能低下から転倒事故が多いと報告されている（武藤と太田，2000；転倒事故防止NPOワークグループ，2002；徳永ら，2003）。高齢者の転倒骨折は寝たきりになる主な原因の一つであることから（東京都，1996），転倒予防活動が展開されるようになってきた。特に北国に住む人々にとって，積雪路や凍結路などの滑りやすい路面，あるいは凹凸のある路面を歩行する際は，体を支える脚力のみならず動的平衡能が重要と考えられる。

平衡能（バランス能力）は，筋固有受容器からの運動感覚や，視覚及び三半規管などの感覚器官の働きに影響される姿勢保持のため

の筋収縮調節能力である（大築，1988；トーマスとネルソン，1999）。平衡能は主に静的平衡能（static balance）と動的平衡能（dynamic balance）とに分類される。静的平衡能は，肉眼で動きが確認できない「静止姿勢」を保持する能力で，「姿勢反射機能」や姿勢を乱す外乱刺激を素早く認知し，できるだけ早く意識的に外乱を克服する動作を行う「随意反応」の能力を必要とする。姿勢反射機能は，神経系が成人のほぼ90%まで発達する年齢といわれる12歳頃までに姿勢を乱す外乱刺激を豊かに経験することによって，効率の良い姿勢反射経路が形成される（大築，1988）。一方，動的平衡能は運動中の平衡を保ち続けようとする能力である。速度が大きくしかも常に速度の変化する身体運動や，アルペンペンスキー，不整地歩行のような強い外乱を受けやすい場面などでは，「姿勢反射機能」，「随意反応」に加えて「予測性姿勢制御能力」が重要となる。特に予測性姿勢制

御能力は一種の予測能力であり、練習を積むことによって初めて身につく能力である（大築, 1988）。高齢者を対象としてバランスボードによりバランストレーニングした結果、男女ともに効果が認められた（藤原, 2002）。平衡能は運動課題に対して特異的傾向が強く、静的平衡能と動的平衡能の間に相関がないと報告されている（トーマスとネルソン, 1999）。

わが国で行われているバランス能力に関する体力測定項目は、閉眼あるいは開眼状態での片足立ちテスト（文部省体育局, 1999）やファンクショナルリーチ測定（重松ら, 2001; Li et al., 2004; Thornton et al., 2004）が広く普及している。片足立ちテストは、ストップウォッチ以外に特別な用具を必要としない簡便な方法であるが、静的平衡能に限定される測定法である。動的平衡能の測定法としては、両足を揃えた立位時の姿勢のままバランスを測定するファンクショナルリーチ測定の他に、8の字走行テスト（a figure-of-eight running test; Karinkanta et al., 2005）や障害物歩行（竹中ら, 2002; Sinaki et al., 2005）、さらに身体動揺性や動作を専用の解析装置で分析測定する方法（Shimada et al., 2003; Tsang and Hui-Chan, 2004）などがある。しかし、積雪寒冷地域の冬道路面に見られるような、比較的軟弱で不整な路面を歩行する時のバランス能力を、高価な機器を必要とせず手軽に測定できる方法は見当たらない。広い測定場所を必要とせず、高価な測定機器を要しない動的平衡能測定法があれば、自宅や地域の集会所などでも手軽に測定を実施することが可能となる。また、自己の身体能力を容易に測定できることは、身体的健康度の変化を意識させるとともに、動的平衡能の重要性を認識しながら健康づくり運動に意欲的に参加する動機づけとなることも期待できる。

BOSUバランストレーナー®（DW Fitness, LLC, 2002; 以下BOSUと略記）は、スポーツ選

手やスポーツ愛好家のバランストレーニング用に開発されたゴム素材のトレーニング機器である。本研究は、積雪寒冷地の生活に欠かせない冬道歩行を想定した動的平衡能を評価するために筆者らが考案したBOSUバランステスト法について、その信頼性と妥当性を検証することを目的としている。

2. 研究方法

2-1. BOSUバランステストの概要

ゴム製で直径70cmの半球状運動器具であるBOSUを用いたバランステスト（以下、BOSUバランステスト）は、空気圧を調整した（21cm高に空気を注入した器具の上面に50kgの重量を荷重した時に5cmの低下が起こる空気圧）BOSUバランストレーナーの上で行う5種類の動作について、それぞれ3秒を1カウントとして何カウント継続できるかを、10カウントを上限に記録するものである。5種類の動作は、測定順に①両足静止、②両足踏み（両足で1カウント）、③両足ハーフスクワット（1カウントで1回のスクワット）、④片足静止、⑤片足ハーフスクワット（左右どちらの足でも可）とした。各動作について10カウントまで終了した後一度床面に降り、約30秒の休止後に次の段階に進める。検査者を被験者にマンツーマンで配置し、記録用紙にカウント数を記録する。測定中は、二拍子リズムにセットしたメトロノーム音と同時に、検査者の一人が声を発して被験者に動作リズムを伝える。それぞれの段階ごとのカウント数を得点とし、全試行を通じて最初にバランスを崩してBOSUから床面に降り立った時までの通算カウント数を「BOSUバランス得点」（図表ではBOSU得点と略記）、また5種類全てのカウント数合計を「BOSUバランス合計点」（図表ではBOSU合計点と略記）とした。なお、測定中の転倒事故やケガを防ぐ

ため、測定法の説明と併せて被験者と検査者が1対1で片手をつなぎながら一連の動作を数回ずつ繰り返す準備運動を実施した。また、測定中は被験者の斜め後方に担当する検査者が、安全確保のためなるべく両腕を横に広げて待機することとしている。



(資料写真) BOSUバランステスト風景

2- 2. BOSUバランステスト以外の測定項目

体格に関する測定項目は、身長、下肢長（腸棘点から果点までの距離）、体重であった。身体的平衡能に関する測定項目は、転倒予防教室等で広く実施されている健脚度関連体力（上岡と岡田，2000）の中から、最大1歩幅（cm）、10m全力歩行（所要時間；秒）、新体力テスト（文部省体育局，1999；65歳～79歳対象）の開眼片足立ち（姿勢保持時間；秒）を行った。最大

1歩幅については身長差の影響に配慮し、下肢長で除した値の左右平均値を最大1歩幅下肢長比（%）として検討した。また開眼片足立ちは120秒を上限に左右とも測定し、その平均値を算出し検討した。

2- 3. 被験者

被験者は、北海道内の石狩，十勝，上川，宗谷の各支庁に居住する中高年者89名（65.2±8.4[SD]歳，43～86歳，男性18名，女性71名）であった。測定は、各地域の健康づくり事業の中で実施されたが、事業日程及び会場の広さなどの都合によりBOSUバランステストと同時に実施した測定種目数に差違が生じた。そこで被験者全体での検討のほかに、測定種目数の違い、年齢及び性別による検討も加えた。被験者全体及び検討対象群別の年齢と身体特性を表1に示した。I群は、BOSUバランステストと同時に、最大1歩幅、10m全力歩行、開眼片足立ちの3種目も併せて測定した19名（男性4名，女性15名）であった。II群は、BOSUバランステスト以外に、最大1歩幅と10m全力歩行の測定を実施した集団であり、I群の19名もII群の一部として解析対象に加えた。III群は、BOSUバランステスト以外に最大1歩幅と開眼片足立ち

表 1. BOSUバランステスト信頼性及び妥当性検討のための対象者の特性

	全体	体力測定群			年齢区分		性別区分	
		I群	II群	III群	65歳以上	64歳以下	男性	女性
人数(名)	89	19	52	56	43	46	18	71
平均年齢(歳)	65.2±8.4	73.8±7.2	64.9±9.7	68.4±7.6	71.8±5.9	59.0±4.9*	65.8±6.5	65.0±8.8
身長(cm)	154.7±8.3	150.5±9.0	155.7±8.8	152.4±8.0	152.9±9.0	154.7±8.3*	165.7±6.6	152.0±6.1*
体重(kg)	57.2±9.7	57.4±10.2	58.2±10.3	56.4±9.2	57.2±9.1	57.2±9.7	69.2±7.9	54.2±7.6*
備考	男性18名 女性71名	男性4名 女性15名	男性14名 女性38名	男性8名 女性48名	男性10名 女性33名	男性8名 女性38名	65歳以上10名 64歳以下8名	65歳以上33名 64歳以下38名

平均値±SD

I群：最大1歩幅下肢長比，10m全力歩行，開眼片足立ち(3種目測定者)及び BOSUバランステスト同日再テスト実施

II群：最大1歩幅下肢長比，10m全力歩行（2種目測定者；I群19名を含む）

III群：最大1歩幅下肢長比，開眼片足立ち（2種目測定者；I群19名を含む）

*:P<0.05 独立2群のt検定による（男性vs女性，65歳以上vs64歳以下）

の測定を実施した集団であり、Ⅱ群と同様にⅠ群の19名もⅢ群の一部として解析対象に加えた。

本研究の測定データは、新奇な器具を使った初体験の測定という緊張感などの測定誤差要因を可及的に排除するため、研究対象測定日より1ヶ月～1年前の期間に1回以上測定を体験している被験者の測定データのみを解析に用いた。

2-4. 信頼性の検討

BOSUバランステストの一致性を確かめるため、Ⅰ群の19名について同日再テスト法による級内相関係数 (intra-class correlation; R) を求めた (トーマスとネルソン, 1999)。1回目測定の約4時間後に2回目測定を実施した。その間は、同一施設内で健康づくり講演会と食事を開催し、2回目の測定結果に1回目の疲労などが影響しないよう配慮した。

また、全被験者89名分の測定結果の内的整合性を確かめるため、クロンバックのアルファ (Cronbach α) 係数を算出した。

2-5. 妥当性の検討

BOSUバランステストの構成概念妥当性を検討するため、全被験者89名の測定値を因子分析法により解析した。因子抽出は主成分分析法を、また因子回転はバリマックス法を用いた。回転後の因子負荷量が0.4以上の場合を有効な因子として解釈することとした。さらに、動作課題の配列についての妥当性を検討するため、全被験者89名の測定値を一元配置ANOVAにより解析し、有意性が認められた場合にはテューキー (Tukey) の多重比較検定を行って動作ごとの得点差、すなわち難易度差を検討した。

基準関連妥当性の一種である一致妥当性を検討するため、BOSUバランス合計点及びBOSUバランス得点のそれぞれを従属 (目的) 変数と

し、Ⅰ群では最大1歩幅下肢長比、10m全力歩行、開眼片足立ちの3項目を独立 (説明) 変数として変数選択-重回帰分析 (ステップワイズ法) により解析した。この際、回帰式への変数の投入条件はF値 ≥ 2.000 、また除去条件はF値 ≤ 0.150 とした。同様にⅡ群では最大1歩幅下肢長比及び10m全力歩行の2項目を独立変数として解析した。またⅢ群では最大1歩幅下肢長比及び開眼片足立ちの2項目を独立変数として解析した。また、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ群のそれぞれについて、年齢区分 (65歳以上と64歳以下) や性別区分ごとの妥当性も検討した。

2-6. 倫理的配慮

いずれの調査においても、実施に先立ち測定調査内容を文書と口頭で説明するとともに、測定・調査において、いつでも協力中止できる権利について説明し、同意を得て行った。

2-7. 統計解析ソフトと有意水準

統計解析には、SPSS 11.5J パッケージソフトを使用した。いずれの検定においても、統計的有意水準を5%とした。データは平均値 \pm 標準偏差 (SD) で示した。

3. 結果

3-1. BOSUバランステストの信頼性

Ⅰ群19名を対象とした同日再テスト法による測定結果を表2に示した。1回目と2回目の動作ごとの得点に関する級内相関係数は、4番目動作 (BOSU4: 片足静止) が $R=0.366$ ($P=0.184$) であった以外は、 $R=0.596\sim 0.674$ (すべて $P<0.05$) と有意な相関が認められた。また、5種類の動作の合計点 (BOSUバランス合計点) の1回目と2回目の級内相関係数は、 $R=0.803$ ($P<0.001$) とかなり高い安定性を示した。次に、最初に床面に落ちたところまでのカウン

ト合計数であるBOSUバランス得点について1回目と2回目の級内相関係数を求めたところ、 $R=0.894$ ($P<0.001$) とかなり高い安定性を示した。

一方、中高年者89名を対象としたBOSUバランステストの結果(表3)、内的整合性を示すクロンバック α 係数は0.670であった。5種類の動作項目をそれぞれ単独に削除した場合のクロンバック α 係数は0.584~0.639で、上記の0.670を上回ることにはなかった。

3- 2. BOSUバランステストの妥当性

被験者89名の測定値による因子分析の結果を表4に示した。5項目の変数間には、すべて有意 ($P<0.05$) に相関していた(表4a)。因子数について、1因子から3因子までの分析を行いそれぞれの結果を得たが、最適解を得たのは因

子数を2にしたときであった。因子成分の抽出と回転の結果、第1動作課題(両足静止)、第2動作課題(両足踏み)及び第3動作課題(両足スクワット)が第I因子に属し、第4動作課題(片足静止)及び第5動作課題(片足スクワット)が第II因子に属していた(表4b)。いずれの動作課題も、それぞれの因子に対して0.650~0.859と高い因子負荷量を示し、有効基準の0.4を上回っていた。5つの測定項目の因子寄与率(説明率)は66.11%であった。

5種類の動作課題の配列の妥当性を確かめるため、一元配置ANOVAを行った結果、動作間に有意な得点差 ($P<0.001$) が認められ、動作順に従って平均点が低下していた(図1)。多重比較検定の結果、第1段階の両足静止から第3段階の両足スクワットまでの項目間に有意差が認められなかったが、上記3項目のいずれ

表 2. 同日再テスト法による信頼性係数

	BOSU1	BOSU2	BOSU3	BOSU4	BOSU5	BOSU合計点	BOSU得点
1回目テスト	9.74±0.81	8.89±2.40	8.26±3.08	2.95±2.04	2.21±1.48	32.05±6.17	25.37±9.59
2回目テスト	9.95±0.23	9.05±1.78	8.42±2.80	3.68±2.03	2.05±1.13	33.16±5.05	27.63±9.16
級内相関係数	0.605	0.596	0.615	0.366	0.674	0.803	0.894
P値	0.034	0.023	0.018	0.184	0.008	<0.001	<0.001

平均値±SD

調査対象: I群 (n=19)

動作: BOSU1:両足静止, BOSU2:両足踏み, BOSU3:両足スクワット, BOSU4:片足静止, BOSU5:片足スクワット

BOSU合計点: BOSUバランス合計点 = BOSU1~5の全成功回数の合計(点)

BOSU得点: BOSUバランス得点 = テスト中に最初に床に落ちたところまでの成功試行回数(点)

表 3. 中高年対象者におけるBOSUバランステストの信頼性係数

	BOSU1	BOSU2	BOSU3	BOSU4	BOSU5	BOSU合計点
測定値平均	9.7±1.3	9.4±1.9	8.8±2.3	5.3±3.1	3.4±2.6	36.7±7.7
合計点との相関係数	0.437	0.394	0.430	0.514	0.449	
項目削除時の α 係数	0.639	0.635	0.616	0.584	0.607	
	クロンバック α 係数 = 0.670					

平均値±SD

集計対象者: 表1における全体被験者 (n=89)

動作: BOSU1:両足静止, BOSU2:両足踏み, BOSU3:両足スクワット,

BOSU4:片足静止, BOSU5:片足スクワット

も第4段階の片足静止及び第5段階の片足スクワットと有意差が認められた (P<0.01)。第4段階の片足静止と第5段階の片足スクワットは、それぞれ他の4種類の動作項目との間に有意差が認められた。

BOSUバランス合計点及びBOSUバランス得点、さらにBOSUバランステストと同時に測定した健脚度関連体力指標の最大1歩幅下肢長比、10m全力歩行、及び文部科学省新体力測定の項目である開眼片足立ちの測定結果を、分析

表 4. BOSUバランステストに関する因子分析の結果

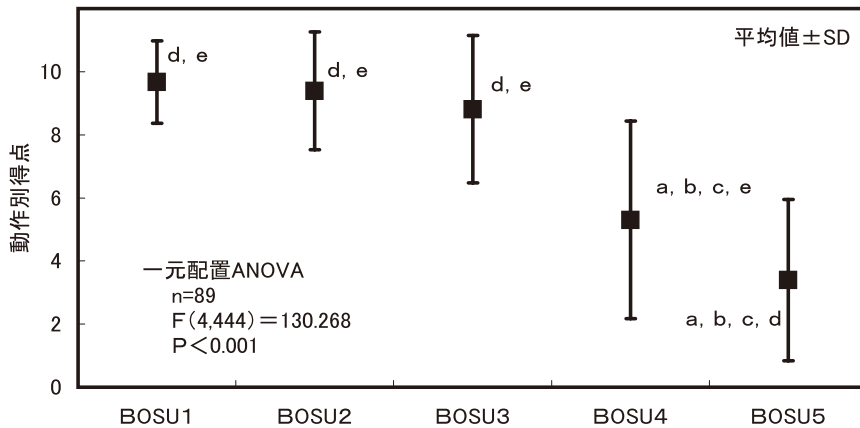
a: 変数間の相関関係(ピアソンの積率相関係数) *: P<0.05

	両足静止	両足踏み	両足スクワット	片足静止	片足スクワット
1. 両足静止	1.000				
2. 両足踏み	0.461*	1.000			
3. 両足スクワット	0.397*	0.312*	1.000		
4. 片足静止	0.234*	0.237*	0.345*	1.000	
5. 片足スクワット	0.206*	0.221*	0.211*	0.504*	1.000

b: 回転後の因子負荷量

	I	II	共通性
1. 両足静止	0.831	0.079	0.696
2. 両足踏み	0.777	0.102	0.614
3. 両足スクワット	0.650	0.281	0.501
4. 片足静止	0.208	0.839	0.747
5. 片足スクワット	0.102	0.859	0.748
因子寄与	1.769	1.537	3.306
因子寄与率(%)	35.38	30.73	66.11

因子抽出法: 主成分分析法 (2因子が抽出された)
 回転法: バリマックス法



動作: BOSU1:両足静止, BOSU2:両足踏み, BOSU3:両足スクワット, BOSU4:片足静止, BOSU5:片足スクワット
 テューキー(Tukey)の多重比較検定
 a: 対BOSU1 b: 対BOSU2 c: 対BOSU3 d: 対BOSU4 e: 対BOSU5
 a~eはそれぞれの動作に対して P < 0.05 の有意差のあることを示す。

図 1. BOSUバランステストの動作別得点

対象群ごとに表5に示した。基準関連妥当性を検討するため、各群についての測定値を用いて変数選択-重回帰分析(ステップワイズ法)を行い、BOSUバランス合計点を従属変数にした場合を表6に、またBOSUバランス得点を従属変数にした場合を表7に、それぞれについて有

意性の認められたものを示した。BOSUバランス合計点(表6)では、I群及びII群において10m全力歩行との有意な相関(I群の重相関係数 $R=0.511$, $n=19$, $P=0.025$; II群 $R=0.526$, $n=52$, $P<0.001$, 図2)が認められた。またIII群においては開眼片足立ちとの有意な相関

表 5. BOSUバランステスト値と健脚度関連体力測定値

群	BOSU1	BOSU2	BOSU3	BOSU4	BOSU5	BOSU合計点	BOSU得点	最大1歩幅下肢長比	10m全力歩行	開眼片足立ち	
全体 (n=89)	9.7±1.3	9.4±1.9	8.8±2.3	5.3±3.1	3.4±2.6	36.7±7.7	31.6±11.1	147.9±17.0	4.2±1.0	49.3±43.2	
体力測定群	I群(n=19)	9.7±0.8	8.9±2.4	8.3±3.1	3.0±2.0	2.2±1.5	32.1±6.2	25.4±9.6	134.2±11.0	4.9±0.7	27.1±28.1
	II群(n=52)	9.9±0.5	9.4±1.7	8.9±2.3	5.3±3.2	3.7±2.8	37.4±7.5	32.3±10.9	148.9±19.1	4.3±1.0	—
	III群(n=56)	9.5±1.6	9.2±2.2	8.5±2.6	4.5±2.9	2.7±2.0	34.6±7.5	28.8±11.1	142.4±13.9	—	49.3±43.2
年齢区分	65歳以上(n=43)	9.3±1.8	9.1±2.2	8.4±2.8	4.1±2.9	3.0±2.4	34.0±8.5	28.1±11.9	143.2±18.0	4.5±1.2	37.0±38.1
	64歳以下(n=46)	10.0±0.0	9.6±1.4	9.2±1.8	6.5±2.9	3.7±2.7	39.2±5.8	34.9±9.2	152.3±14.9	4.3±1.0	49.3±43.2
性別区分	男性(n=18)	9.7±1.4	9.7±1.4	8.8±2.5	5.8±2.8	3.8±2.5	37.7±7.5	33.8±11.6	151.2±21.5	3.6±1.0	47.4±48.5
	女性(n=71)	9.7±1.3	9.3±2.0	8.8±2.3	5.2±3.2	3.3±2.6	36.4±7.7	31.1±11.0	147.1±15.7	4.5±0.9	49.7±42.9

平均値±SD

動作: BOSU1:両足静止, BOSU2:両足踏み, BOSU3:両足スクワット, BOSU4:片足静止, BOSU5:片足スクワット

BOSU合計点: BOSUバランス合計点 = BOSU1~5の全成功回数の合計(点)

BOSU得点: BOSUバランス得点 = テスト中に最初に床に落ちたところまでの成功試行回数(点)

最大1歩幅下肢長比: 最大1歩幅を下肢長(腸棘点から果点までの距離)で除した値の百分率(左右平均値)

10m全力歩行: 10mを全力で歩行するときの所要時間(秒)

開眼片足立ち: 左右平均値(秒)

表 6. BOSUバランス合計点に関する重回帰分析(ステップワイズ法)の結果

分析対象群	人数	独立変数	投入された変数	重相関係数	回帰分散分析F値	回帰分散分析P値	回帰係数	標準回帰係数	回帰係数P値	偏相関係数
I群	19	1歩,10m,片足	10m	0.511	6.005	0.025	-4.470	-0.511	0.025	-0.511
II群	52	1歩,10m	10m	0.526	19.115	<0.001	-3.917	-0.526	<0.001	-0.526
III群	56	1歩,片足	片足	0.554	23.936	<0.001	0.096	0.554	<0.001	0.554
65歳以上II群	26	1歩,10m	10m	0.735	28.186	<0.001	-4.586	-0.735	<0.001	-0.735
65歳以上III群	34	1歩,片足	片足	0.596	17.621	<0.001	0.132	0.596	<0.001	0.596
男性II群	14	1歩,10m	10m	0.737	6.554	0.013	-7.046	-1.083	0.006	-0.715
			1歩				-0.172	-0.574	0.100	-0.476
女性II群	38	1歩,10m	10m	0.549	7.549	0.002	-2.941	-0.331	0.068	-0.303
			1歩				0.123	0.283	0.117	0.262
女性III群	48	1歩,片足	片足	0.584	23.752	<0.001	0.103	0.584	<0.001	0.584

有意性の認められた群及び独立変数のみを表示した。

独立変数略名 1歩:最大1歩幅下肢長比(左右平均), 10m:10m全力歩行, 片足:開眼片足立ち(左右平均)

I群: 最大1歩幅下肢長比, 10m全力歩行, 開眼片足立ち(3種目測定者)及びBOSUバランステスト同日再テスト実施

II群: 最大1歩幅下肢長比, 10m全力歩行 (2種目測定者; I群19名を含む)

III群: 最大1歩幅下肢長比, 開眼片足立ち (2種目測定者; I群19名を含む)

ステップワイズ法基準 投入条件:F値 ≥ 2.000 , 除去条件:F値 ≤ 0.150

($R=0.554$, $n=56$, $P<0.001$, 図3) が認められた。年齢区別にみると、65歳以上の群に10m全力歩行(Ⅱ群 $R=0.735$, $n=26$, $P<0.001$)及び開眼片足立ち(Ⅲ群 $R=0.596$, $n=34$, $P<0.001$)との間に有意な相関が認められたものの、64歳以下の群では有意な相関は認められなかった。男女別にみると、男性では10m全力歩行及び最大1歩幅下肢長比との間に有意な相関(Ⅱ群 $R=0.737$, $n=14$, $P=0.013$)が認められ、女

性でも10m全力歩行と最大1歩幅下肢長比(Ⅱ群 $R=0.549$, $n=38$, $P=0.002$)、及び開眼片足立ち(Ⅲ群 $R=0.584$, $n=48$, $P<0.001$)との有意な相関が認められた。BOSUバランス得点(表7)における結果も、BOSUバランス合計点と類似の傾向を示していたが、Ⅰ群単独では有意な相関が認められなかったものの、64歳以下の群では開眼片足立ちとの有意な相関(Ⅲ群 $R=0.456$, $n=22$, $P=0.033$)が認められた。

表 7. BOSUバランス得点に関する重回帰分析(ステップワイズ法)の結果

分析対象群	人数	独立変数	投入された変数	重相関係数	回帰分散分析F値	回帰分散分析P値	回帰係数	標準回帰係数	回帰係数P値	偏相関係数
Ⅱ群	52	1歩,10m	10m	0.450	12.696	0.001	-4.876	-0.450	0.001	-0.450
Ⅲ群	56	1歩,片足	片足	0.546	22.985	<0.001	0.14	0.546	<0.001	0.546
65歳以上Ⅱ群	26	1歩,10m	10m	0.651	17.630	<0.001	-5.876	-0.651	<0.001	-0.651
65歳以上Ⅲ群	34	1歩,片足	片足	0.533	12.695	0.001	0.166	0.533	0.001	0.533
64歳以下Ⅲ群	22	1歩,片足	片足	0.456	5.236	0.033	0.085	0.456	0.033	0.456
男性Ⅱ群	14	1歩,10m	10m 1歩	0.792	9.273	0.004	-11.669 -0.331	-1.208 -0.744	0.002 0.026	-0.784 -0.614
女性Ⅱ群	38	1歩,10m	1歩	0.437	8.505	0.006	0.272	0.437	0.006	0.437
女性Ⅲ群	48	1歩,片足	片足	0.556	20.572	<0.001	0.143	0.556	<0.001	0.556

有意性の認められた群及び独立変数のみを表示した。

独立変数略名 1歩:最大1歩幅下肢長比(左右平均), 10m:10m全力歩行, 片足:開眼片足立ち(左右平均)

Ⅰ群: 最大1歩幅下肢長比, 10m全力歩行, 開眼片足立ち(3種目測定者) 及び BOSUバランステスト同日再テスト実施

Ⅱ群: 最大1歩幅下肢長比, 10m全力歩行 (2種目測定者; Ⅰ群19名を含む)

ステップワイズ法基準 投入条件:F値 ≥ 2.000 , 除去条件:F値 ≤ 0.150

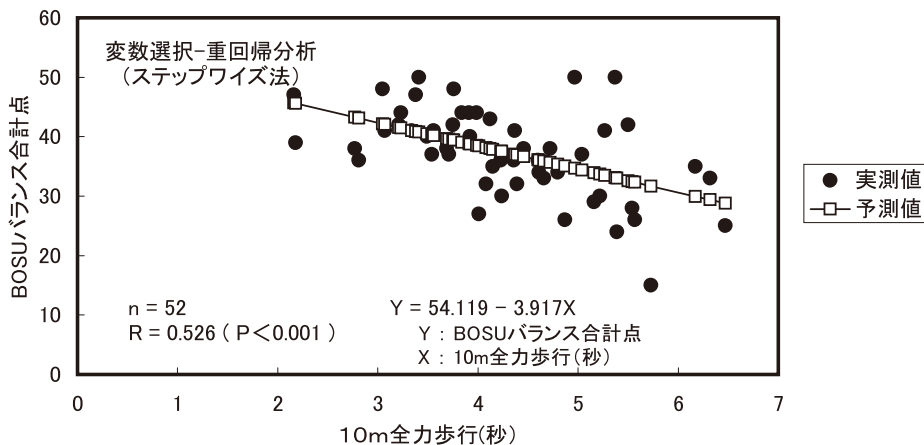


図 2. Ⅱ群の回帰関数と散布図

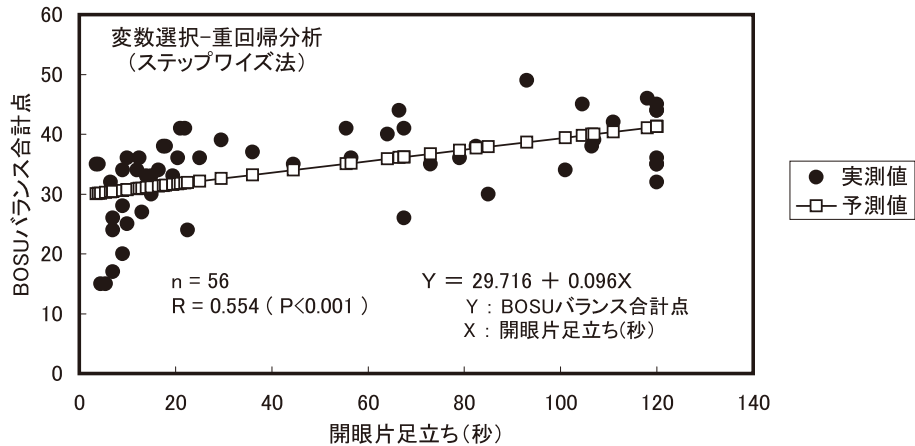


図 3. III群の回帰関係と散布図

4. 考 察

BOSUバランステストの信頼性

BOSUバランステストによって、5種類すべての動作を行ったときの総合評価値としてのBOSUバランス合計点と、順を追って難易度が高くなる5種類の動作のどの段階で最初のバランスの乱れが表れるかを判定しようとするBOSUバランス得点という2つの指標を得ることが出来る。

本研究では、比較的少人数の高齢者(19名)を対象に実施した同日再テスト法と、比較的多くの中高年者(89名)を対象として内的整合性を確かめるクロンバック α 係数による解析を行った。同日再テスト法による級内相関係数は、それぞれの動作課題において4番目の片足静止以外はほぼ0.600前後の値を示したが、BOSUバランス合計点では0.803($P < 0.001$)と高い値を示した。また、BOSUバランス得点では0.894($P < 0.001$)という高い値が得られた。内的整合性指標のクロンバック α 係数は0.670であり、信頼性を認めるのに十分な値と判断した。また α 係数は、5種類のいずれの動作項目を取り除いても5種類全体の α 係数0.670を上回ること

がないことから(表3)、5種類の動作で構成されるBOSUバランステストの信頼性が最も高いことが認められた。以上の結果から、BOSUバランステストの信頼性は十分に認められるものと判断される。

BOSUバランステストの妥当性

中高年者89名を対象として測定したBOSUバランステストに関する因子分析の結果、いずれの動作課題も平衡能という一連のテスト内容に関わっていた。主成分分析による因子抽出の結果、第1因子として両足動作の3課題と第2因子として片足動作の2課題に区分されたが、どの動作課題もそれぞれの因子成分に対して有効基準の0.4を超える比較的高い因子負荷量(0.650~0.859)にあった。また因子寄与率も66.11%と比較的高かったことから、不安定な床面上で姿勢保持や運動を課すBOSUバランステストの構成概念は妥当であることが示唆された。

BOSUバランステストについての一元配置ANOVAの結果(図1)から、測定項目間に有意な難易度の差が認められた。前半3種類の測定項目間に有意差は認められなかったが、す

すべての測定対象群において動作ごとの平均点が順に低下していることから、この順番に従って動作の難度が高まっており、動作課題の配列は妥当と推察された。

BOSUバランステストは、乾燥路面のみならず濡れて滑りやすい路面や軟弱な場所、あるいは凹凸のある不整地などにおいて、静的平衡能と動的平衡能の両面にかかわる姿勢保持能力を評価することを目的としている。基準妥当性の一面である一致妥当性（トーマスとネルソン、1999）を検討するため、健脚度関連体力（上岡と岡田、2000）の最大1歩幅下肢長比と10m全力歩行、及び新体力テストの開眼片足立ち（文部省体育局、1999）との関連を検討した。健脚度指標は、しっかりした足どりでバランスを保ちながら歩行や日常生活を送る身体能力として、近年、高齢者福祉や健康増進の分野で注目されている。最大1歩幅の下肢長による補正值（下肢長比）は、特に脚筋力と股関節の柔軟性を評価することについて有用であり、また10m全力歩行は脚筋力に加えて敏捷性も評価できる指標である。いずれも、再現性が高く、高齢者の生活における転倒経験、脚伸展パワー、変形性膝関節症の有無との一致妥当性、さらに労研式活動能力指標との一致妥当性が確認されている（上岡と岡田、2000）。また開眼片足立ちは静的平衡能及び調整力の評価に有用である。

BOSUバランス合計点及びBOSUバランス得点を従属変数とし、最大1歩幅下肢長比、10m全力歩行、開眼片足立ちを独立変数として変数選択-重回帰分析（ステップワイズ法）により解析した結果、両従属変数は測定実施種目内容で区分したⅠ、Ⅱ、Ⅲ群のすべてにおいて10m全力歩行あるいは開眼片足立ちのいずれかと有意な相関関係が認められた（表6、表7）。しかし、最大1歩幅下肢長比は、いずれの群においても関与の程度は低い状態であった。65歳以上と64歳以下に年齢区分し解析した結果、65

歳以上では両従属変数とも10m全力歩行あるいは開眼片足立ちと有意な相関が認められたが、64歳以下ではBOSUバランス得点においてのみ開眼片足立ちとの間に有意な相関が認められた。男女別に検討したところ、男性では両変数従属とも10m全力歩行及び最大1歩幅下肢長比の2つの独立変数と有意な相関が認められた。女性ではBOSUバランス合計点において最大1歩幅下肢長比、10m全力歩行及び開眼片足立ちの3つの独立変数との間に有意な相関が認められた。また、BOSUバランス得点は最大1歩下肢長比と開眼片足立ちと有意な相関が認められた。以上のように、BOSUバランス合計点とBOSUバランス得点のいずれにおいても、10m全力歩行及び開眼片足立ちとの間に有意な相関関係が認められたことから、BOSUバランステストの妥当性は有意であると判断される。特に65歳以上の高齢者において、より高い妥当性が示された。

本研究は、北海道内各地の健康づくり事業に参加した中高年者を対象としたため、測定会場の広さや時間的制約による測定種目数の差違や、男女比及び年齢などの不均衡が生じた。従って、被験者全員が同一種目を測定した時の検討ではないことや男女比及び年齢分布に偏りがあるため、結論を断定するには限界があることを考慮して検討を進めてきた。これまで、転倒予防能力を評価するバランス能力テストとしては、閉眼あるいは開眼片足立ち（文部省体育局、1999）など安定した床面での測定や、身体動揺性を測定する高価な測定機器を利用することが多かった。今回、比較的狭い集会所や自宅でも実施可能であり、しかも定期的な測定評価そのものがバランストレーニングとなる方法としてBOSUを利用したバランステストを考案した。BOSUバランステストは、下肢を中心としたレジスタンストレーニング及びバランス

レーニングを手軽に実施することになり、運動を身近なものに感じさせるとともに測定評価値の変化がすぐに実感できるため、運動継続の動機づけにも役立つことが期待される測定法である。

今後は、BOSU バランステストの評価値と積雪路面や凍結路面における歩行能力の関連性や、BOSU バランストレーナーによるトレーニングが冬道でのスリップ時における対応能力向上につながるかについて、さらに検討を進めていきたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、中頓別町たいそう元気会、(財)札幌市スポーツ振興事業団、北広島市保健福祉部、北海道ミニバレー協会、北海道大学大学院教育学研究科健康教育・健康科学ゼミの大学院生の皆様方に多大なるご協力を頂きました。ここに記して深謝申し上げます。

文 献

- DW Fitness, LLC (2002) : BOSU Balance Trainer Owner's Manual, pp.1-24.
- 藤原勝夫 (2002) : 高齢者における立位姿勢制御適応能. 体育学研究 47 : 615-624.
- 上岡洋晴, 岡田真平 (2000) : 健康診断, 身体機能測定－健脚度の測定・評価. 武藤芳照他編, 転倒予防教室－転倒予防への医学的対応－, 日本医事新報社, 東京, pp.46-53.
- Karinkanta, S., Heinonen, A., Sievanen, H., Uusi-Rasi, K. and Kannus, P. (2005) : Factors predicting dynamic balance and quality of life in home-dwelling elderly women. *Gerontology*, 51 (2) : 116-121.
- Li, F., Harmer, P., Fisher, K.J. and McAuley, E. (2004) : Tai Chi: improving functional balance

predicting subsequent falls in older persons. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36 (12) : 2046-2052.

文部省体育局 (1999) : 平成10年度体力・運動能力調査報告書. pp. 231-245.

武藤芳照, 太田美穂 (2000) : 中高年者の転倒と身体特性の関連. 武藤芳照他編, 転倒予防教室－転倒予防への医学的対応－, 日本医事新報社, 東京, pp.2-10.

大築立志 (1988) : 姿勢の安定. 現代の体育・スポーツ科学「たくみ」の科学. 朝倉書店, 東京, pp.90-121.

重松良祐, 西嶋尚彦, 小松崎敏, 金憲経, 田中喜代次 (2001) : 在宅高齢女性の身体機能が日常生活における自立度に及ぼす影響. 筑波大学体育科学系紀要, 24: 89-96.

Shimada, H., Obuchi, S., Kamide, N., Shiba, Y., Okamoto, K. and Kakurai, S. (2003) : Relationship with dynamic balance function during standing and walking. *Am J Phys Med Rehabil.*, 82 (7) : 511-516.

Sinaki, M., Brey, R.H., Hughes, C.A., Larson, D.R. and Kaufmann, K.R. (2005) : Balance disorder and increased risk of falls in osteoporosis and kyphosis: significant of kyphosis posture and muscle strength. *Osteoporos Int.*, 16 (8) : 1004-1010.

竹中晃二, 近河光伸, 本田譲治, 松崎千明 (2002) : 高齢者における転倒セルフエフィカシー尺度の開発: 信頼性および妥当性の検討. 体育学研究, 47: 1-13.

転倒事故防止NPO・ワークグループ (2002) : 転倒事故統計-平成14年 転倒・転落による年齢別死亡者. <http://www.npo2002.or.jp/statistics>. (2005年6月28日) .

Thornton, E.W., Sykes, K.S. and Tang, W.K. (2004) : Health benefit of Tai Chi exercise: improved balance and blood pressure in middle-aged women. *Health Promot. Int.*, 19 (1) : 33-38.

徳永ロベルト, 仁平陽一郎, 林 華奈子, 浅野
基樹 (2003) : 北海道の冬期における歩行者
の転倒事故と歩行空間対策について. 北海道
開発土木研究所月報, No597: 45-50.

トーマス J, ネルソン J (1999), (宮下充正, 片
岡曉男監訳) 最新 体育・スポーツ科学研究
法. 大修館, 東京, pp.161-286.

東京都 (1996) : 高齢者の生活実態 平成7年度
東京都社会福祉基礎調査報告書.

Tsang, W.W. and Hui-Chan C.W. (2004) : Effect
of 4- and 8-wk intensive Tai Chi Training on
balance control in the elderly. Med. Sci. Sports
Exec., 36 (4) :648-657.

(2007年1月25日受稿)

Abstract

This study investigated the reliability and validity of the BOSU balance test that is made up of 5 movements on the BOSU balance trainer®. This test has two criteria for dynamic balance ability, the one is "BOSU total score" that the subjects have to examine all the movements, and the other is "BOSU score" that evaluates the first falling stage.

The subjects were 19 elderly persons for same-day test-retest, and 89 middle-aged and elderly persons for Cronbach α (reliability). These tests were significant. The factor analysis showed that the BOSU balance test was a two-factor model, and the construct validity for the stability on the unsteady floor and the content validity were significant. In addition, both scores have the concurrent validity that the scores were significantly and positively correlated with the fitness for good walking and static balance ability. The reliability and validity of the BOSU balance test were confirmed.