

# 身体バランス測定用ウェアのためのウェアラブルセンシング技術の開発

生活科学課 上野 実\*1 浦上 晃

## 1. 緒言

身体のバランス能力や、体幹などと呼ばれる姿勢や関節を保持する筋肉は、一般に加齢や運動不足などにより衰えてゆき、日常生活における転倒リスクの重大な危険因子とされている。これらは、適切なトレーニングや日常の運動、生活習慣により、高齢者でも大きな負荷をかけず比較的安全に維持・向上させることができる。スポーツクラブやフィットネスクラブ、介護予防施設などでは、施設向けの高価な機器を導入して、これらの衰えを測定できる場所もあるが、個人が自宅などで手軽に測定できる安価な機器は一般的ではない。一方、閉眼片足立ちによる保持時間からバランス能力を評価することは可能であるが、高齢者などでは、測定時に転倒の可能性があるため、安全面から補助者の立ち合いが必要となることから、個人が手軽に実施するには問題がある。

このため、自身のバランス能力の衰えや体幹トレーニングの効果を手軽に測定するための身体バランス測定用ウェア（センシングウェア）やウェアラブルデバイスへの応用のため、その測定技術の開発について検討を行った。その手法として、安全面と簡便性から閉眼片足立ちにおける単位時間あたりの身体の動揺を、足裏接地面の重心の移動とその際の身体各部の挙動について、圧力分布及び重心移動が測定可能な足裏用インソールセンサおよび身体各所に取り付けた加速度センサにより測定を行った。この際、通常の開眼片足立ち時（無負荷の安定立位時）の状態と、片足立ち時に不安定負荷をかけた有負荷の状態において、身体動揺の挙動の特性を比較した。

## 2. 実験方法

平衡性などバランス感覚の測定や確認に用いられている閉眼片足立ちテストは、時計以外の道具を使わずに家庭でも比較的容易に測定が可能である。バランス感覚のほか、関節などの柔軟性や、身体を支える筋力の有無に関係し、立位時間を長く保持できる人ほど歩行中の転倒のリスクが低いと言われている。またこのテストでは、高齢者など筋力や平衡感覚が衰えている場合、測定中に急激にバランスを崩し転倒などによりケガをする恐れがあるため広く安全な場所で行う必要があり、且つ安全確保や時間計測のため補助者が必要である。また、バランス能力に優れている場合、最大 180 秒まで測定する必要

があるため計測に時間が掛かる一方、高齢者などでは数秒でバランスを崩してしまい、有意差が出にくいなどといった問題がある。

このため、比較的安全に測定可能な開眼片足立ちにおいて、立位時の 10 秒程度の短時間においてどの程度重心や身体が動揺するかを測定することとした。

まず、足裏接地面での重心移動について測定を行った。通常の開眼・閉眼片足立ちでは裸足の状態で測定を行うが、バランス状態を不安定にするためシューズを履いた状態とし、体圧分布装置のインソールセンサ (BodiTrak Inshoe 27cm タカノ(株)社製) をシューズ内に挿入して行った。測定した足裏接地面の圧力分布及び重心の軌跡の例を図 1(a)に示す。圧力分布は、シューズのインソールの形状やクッションのため指の形状までは判別できないが、指の付け根、および踵部で接地していることが分かる。重心位置の軌跡は、土踏まず部に前後 $\pm 7.5\text{mm}$  左右 $\pm 6\text{mm}$  程度の範囲で安定していた。閉眼片足立ちにおいては、閉眼片足立ち時と異なり、左右方向の身体動揺が小さくなるため、身体バランスに対し負荷をかける目的で、容器内に入った水の不規則な移動と反動により、身体の前想定外の不安定な負荷を与える円柱状ウォーターバッグを用いた。ウォーターバッグの重量は 4kg (うち水 3kg) とし、前方水平方向に肩幅で伸ばした両手で順手にて吊り下げる形で、ウォーターバッグの水平を維持するように保持した。この時の、不安定負荷をあたえた状態の重心軌跡を図 1(b)に示す。ウォーターバッグの負荷方

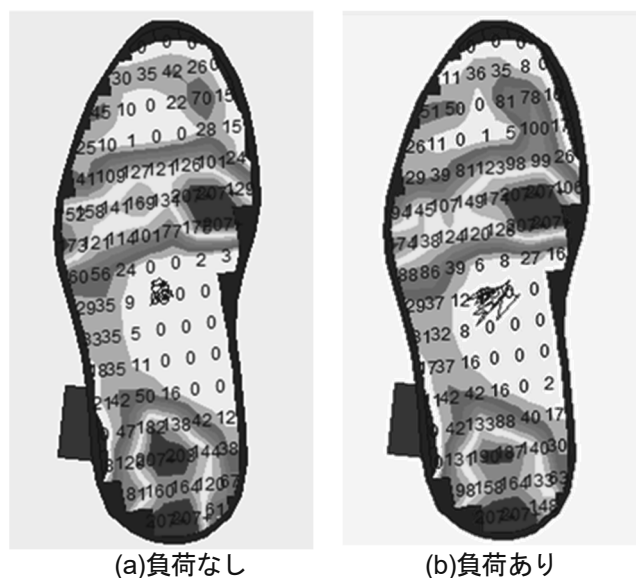


図 1 重心軌跡

\*1 現 ものづくり研究開発センター

向となる左右の重心の移動が $\pm 15\text{mm}$ と大きくなっているほか、前後方向についても腕を水平に伸ばした状態で負荷を保持することから、 $\pm 13\text{mm}$ 程度と大きくなっている。

身体への負荷あり、負荷なしの状態では加速度センサを、身体表面に取り付け、その時の挙動を測定した。測定は、頭部（額）、背中（肩甲骨中央）、腰部、膝（前膝部）を選定し、加速度センサ（DSP ワイヤレス 8 軸<sup>※</sup>モーションセンサ SS-MS-SMA5G3A200YZ（株）スポーツセンシング社製）を取り付け、サンプリング速度 100Hz にて測定し、得られた加速度を積分し各部の動揺（変位）を算出した。ここで、加速度センサの信号には、ノイズや低周波成分の載っているため、ハイパスフィルタによりカットオフ周波数 1.1Hz にて処理し、8 秒間の経時変化を出力した。この時の腰部・背中中の水平面上の挙動（前後左右）を図 2(a)(b)に示す。腰部は、足裏接地面の重心移動と同じように揺動が小さいが、上体（背中）は、無負荷においても左右方向のバランスをとるため揺らいでいるのがわかる。

また、ウォーターバッグにより負荷をかけた場合、腰部・背中とも低周波の振幅の大きな挙動が増え、腰部は全体的に動揺が大きく、上体（背中）は左右の変位量は大きく変わらず、前後方向の揺れ幅が大きくなっていた。これは、上腕を水平に伸ばした状態でウォーターバッグを保持したため、前後方向にも負荷がかかり、そのバランスをとるためによるものと思われる。一方、頭部（額）に取り付けた場合は、視線の動きなどにより頭部・首が動いてしまうことから、バランスによる動揺の抽出は困難であった。また、膝（前膝部）は、常にバランスをとるため動いており、負荷の有無による有意差は判別でき

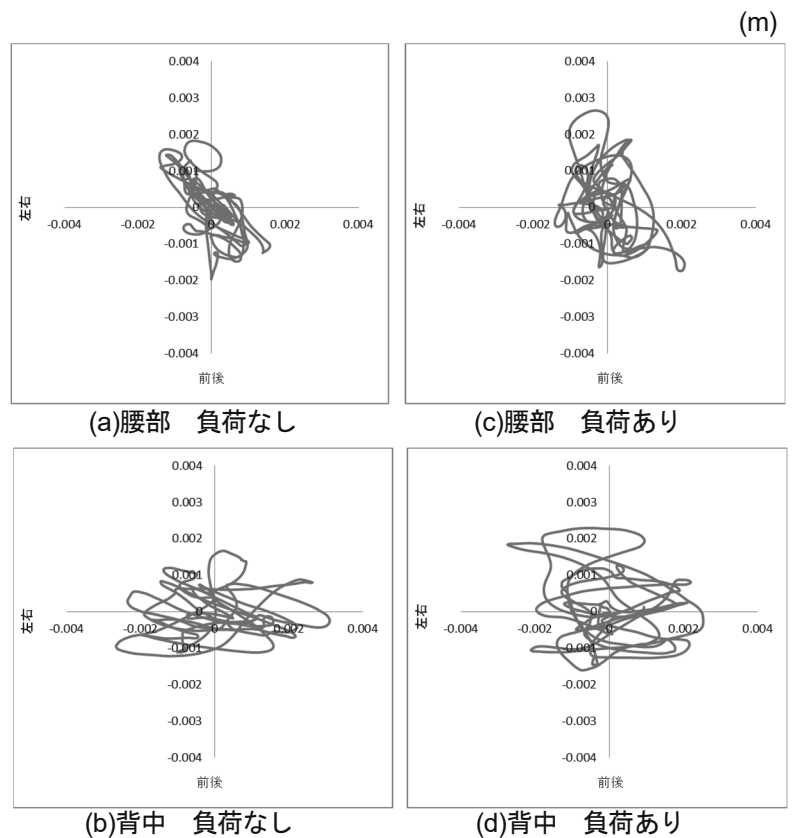


図 2 各部の水平挙動

なかった。

### 3. 結言

開眼片足立ちにおいて、身体動揺の挙動について比較を行った。その結果、腰部と背中ではその影響が異なり、負荷を与えることにより重心及び身体各部の変位や揺動の周期が変化し、背中は腰部より動揺が大きく身体バランスの能力や筋力の低下を短時間で測定できる可能性があることが分かった。

※加速度・角速度 6 軸+加速度 2 軸

キーワード：バランス、加速度、動揺、センシング、重心

## Development of Wearable Sensing Technology for Body Balance Measurement Wear

Human Engineering Section ; Minoru UENO\*<sup>1</sup> and Akira URAKAMI

The body motion when standing on single leg with the eyes open was compared by an insole sensor and an acceleration sensor attached to each part of the body. There was a difference in the effects on the waist and back with and without load. It was found that the back is more motion than the waist region, and it is possible to measure the ability of body balance and weakness of muscles in a short time.