

雪上歩行方法による歩容パラメータの違いについて

Differences in the gait parameters with four types of snow walking equipments during walking on snow

白川和希¹⁾⁵⁾, 上田知行²⁾, 井出幸二郎²⁾, 小坂井留美²⁾,
加藤満¹⁾, 大宮哲³⁾, 須田力⁴⁾

¹⁾北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター, ²⁾北翔大学生涯スポーツ学部,

³⁾名古屋大学大学院環境学研究科, ⁴⁾北方圏体育・スポーツ研究会, ⁵⁾北海道大学大学院教育学院

Kazuki Shirakawa, Tomoyuki Ueda, Kojiro Ide, Rumi Kozakai,

Mitsuru Kato, Satoshi Omiya, Tsutomu Suda

【背景】

近年、積雪期間における雪上活動、特にかんじきやスノーシューを履いて行うトレッキングが人気となっている。それに伴い雪上歩行具の浮力性、牽引性、安定性、軽量化が向上してきている。これまで、スノーシューの仕様による運動強度の違い¹⁾や健康上の有用性²⁾について報告されている。しかしながら、かんじき型とスノーシュー型の雪上歩行具や用具を使わない場合（つぼ足）などとの歩容の差異は未だ明らかになっていない。そこで、本研究は一般的に使用されている雪上歩行具を含む歩行手段による歩容の違いを明らかにすることを目的とした。

【方法】

健康な男性被験者 11 名（平均±標準偏差：年齢 33.4±18.8 歳，身長 168.7±5.4 cm，体重 62.9±5.3 kg，靴サイズ 26.3±0.6 cm）が，50 m の距離を 4 種類の自由歩行で往復した（図 1）。運動時間は，各 5 分間以上，距離は 3～5 往復（300～500m）であった。自由歩行は，被験者の体力に合わせた self-selected pace での歩行とした³⁾。

実験条件は，圧雪又は無雪路面を歩行する普通歩行，雪上をかんじきで歩行するかんじき歩行，雪上をスノーシューで歩行するスノーシュー歩行，雪上をブーツのみで歩行するつぼ足歩行の 4 条件とした。実験は，2013 年 2～3 月（積雪深 78～114cm，外気温-2.2～6.3℃）の積雪期に北翔大学の多目的グラウンドと陸上競技場で実施した。

実験で使用した道具を以下に示す。圧雪歩行とつぼ足歩行：各自で用意した長靴やブーツを用いた。かんじき歩行：Belmont 社製プラスチックかんじき「雪っこちゃん」（重量：310 g，底面積：718 cm²）と各自で用意した長靴やブーツを用いた。スノーシュー歩行：スノーシューは Redfeather Snowshoes 社製 HIKE 22（重量：760 g，底面積：1035 cm²）と各自で用意した長靴やブーツを用いた。

測定項目は，歩行速度（歩行距離を歩行時間で除して算出した.），歩数（カウンターを用いて手作業で計測した.），歩幅（歩行距離を歩数で除して算出した.），footprint の埋没深（3 種類のそれぞれの雪上歩行時に足跡の母指球側と踵側の埋没の深さを定規



図 1 雪上歩行時の実験風景

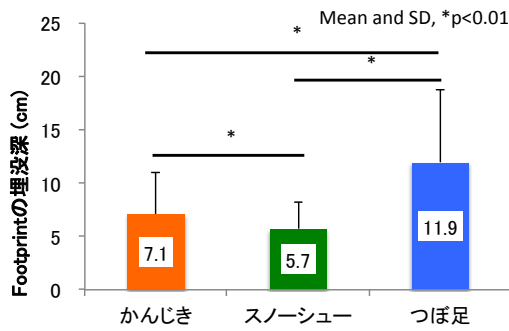


図2 Footprintの埋没深

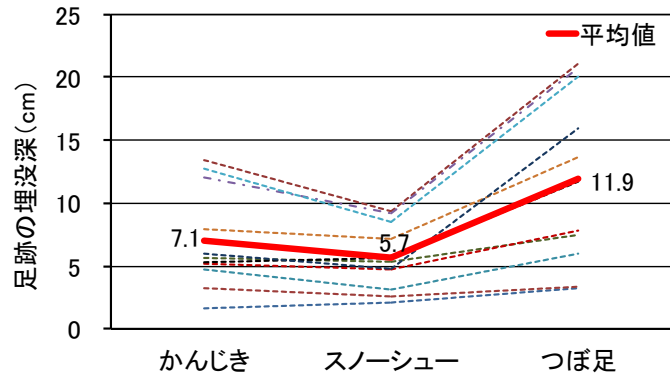


図3 被験者別埋没深の比較

で計測した。算出方法：(母指球部+踵部) ÷ 2))、左右の不安程度を反映する指標として埋没深の左右差(左足と右足の埋没深の差の絶対値を算出した。)とした。つぼ足の埋没深を推定する要因を探るため、靴のサイズあるいは体重の相関を算出した。

解析方法について以下に示す。歩行速度と歩幅、footprintの埋没深は、一元配置分散分析を行った。各被験者のfootprintの埋没深を埋没深10cm未満の浅い群と10cm以上の深い群として、二元配置分散分析を行った後に多重比較を行った。母指球部と踵部の埋没深の前後比較と左右差比較においては、対応あるt検定を用いた。つぼ足の埋没深と靴のサイズおよび体重の相関分析を行った。いずれの検定も有意水準5%とした。

【結果】

歩行速度の平均値は、圧雪/無雪歩行 81.8 ± 7.0 m/min、かんじき歩行 56.1 ± 11.3 m/min、スノーシュー歩行 56.7 ± 9.8 m/min、つぼ足歩行 57.2 ± 11.1 m/min となった。平均歩行速度を比較すると、かんじき歩行、スノーシュー歩行、つぼ足歩行は、圧雪/無雪歩行よりも有意に低下した (p < 0.01)。しかし、かんじき歩行、スノーシュー歩行、つぼ足歩行の間に有意な差は見られなかった。

歩幅の平均値は、圧雪/無雪歩行 0.77 ± 0.08 m、かんじき歩行 0.63 ± 0.08 m、スノーシュー歩行 0.64 ± 0.06 m、つぼ足歩行 0.61 ± 0.08 m となった。平均歩幅を比較すると圧雪/無雪歩行と比較して、かんじき歩行、スノーシュー歩行、つぼ足歩行いずれも有意に低下した (p < 0.01)。かんじき歩行、スノーシュー歩行、つぼ足歩行の間に有意な差は見られなかった。

footprintの埋没深の平均値は、かんじき歩行 7.1 ± 4.0 cm、スノーシュー歩行 5.7 ± 2.6 cm、つぼ足歩行 11.9 ± 6.8 cm となった (図2)。footprintの平均埋没深の比較では、スノーシュー歩行 < かんじき歩

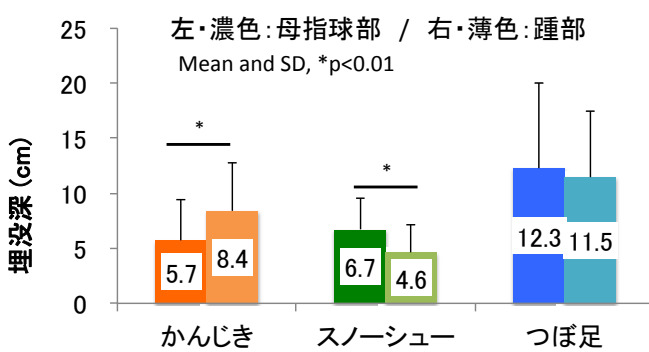


図4 埋没深の前後差 (母指球, 踵)の比較

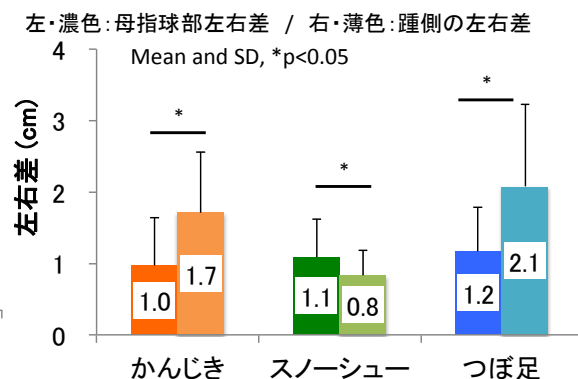


図5 埋没深の左右差の比較

行くつぼ足歩行の順に有意差があった ($p < 0.01$). つぼ足歩行は、かんじき歩行とスノーシュー歩行と比較して有意に大きかった ($p < 0.01$).

被験者別の footprint の埋没深を図3に示した. つぼ足歩行の footprint の埋没深が 10 cm 未満の浅い群と 10 cm 以上の深い群を分けた結果を以下に示す. 埋没深が浅い群の平均値は、かんじき歩行 4.1 ± 1.7 cm, スノーシュー歩行 3.6 ± 1.4 cm, つぼ足歩行 5.6 ± 2.2 cm となった. 埋没深が深い群の平均値は、かんじき歩行 9.6 ± 3.6 cm, スノーシュー歩行 7.4 ± 1.9 cm, つぼ足歩行 17.2 ± 4.0 cm となり、歩行方法間の平均値の差が広がるとともに、かんじき歩行およびつぼ足歩行の分散が大きくなった. 二元配置分散分析の結果、条件間および群間、そして交互作用に有意差があった (全ての項目において $p < 0.01$). 埋没深の浅い群においては、かんじき歩行とスノーシュー歩行に有意な差はなかった. しかし、埋没深が深い群において、かんじき歩行よりもスノーシュー歩行が有意に少なかった ($p < 0.05$).

母指球部と踵部の埋没深の前後の比較を図4に示した. かんじき歩行では、母指球部 (5.7 ± 3.7 cm) と比較して踵部 (8.4 ± 4.4 cm) が有意に大きかった ($p < 0.01$). スノーシュー歩行は、踵部 (4.6 ± 2.5 cm) と比較して母指球部 (6.7 ± 2.8 cm) が有意に大きかった ($p < 0.01$). つぼ足歩行は、母指球部 (12.3 ± 7.8 cm) と踵部 (11.5 ± 6.0 cm) の比較で有意な差は見られなかった.

母指球部と踵部のそれぞれの埋没深の左右差の比較結果を図5に示した. かんじき歩行では、踵部 (1.7 ± 0.8 cm) が母指球部 (1.0 ± 0.7 cm) よりも有意に大きかった ($p < 0.05$). スノーシュー歩行は、母指球部 (1.1 ± 0.5 cm) が踵部 (0.8 ± 0.4 cm) よりも有意に大きかった ($p < 0.05$). つぼ足歩行は、踵部 (2.1 ± 1.2 cm) が母指球部 (1.2 ± 0.6 cm) よりも有意に大きかった ($p < 0.05$).

つぼ足の埋没深に影響する因子として、つぼ足の埋没深と靴のサイズおよび体重の相関関係を比較した結果、それぞれの項目に有意差は見られなかった.

【考察】

本研究は、2013年2月末から3月末までさまざまな雪上条件で実施されたため、埋没度は日によって大きな差が見られた. 測定場所の測定期間中の積雪深は約 80~115 cm, 気温は約 $-2 \sim 6$ °C であり、つぼ足歩行の埋没度が 5 cm 以内のしまり雪の場合や 20 cm を越えた軟雪の場合もあったことから、結果的につぼ足の埋没度がかんじき、スノーシューの埋没度に反映することも明らかとなった.

雪上歩行具の装着と未装着に差があったことから、雪上歩行具の必要性が明らかとなった. 特に、埋没の軽減させる雪上歩行具は、スノーシューであることが示唆された. さらに、つぼ足の埋没が 10 cm を超えるような環境下では、雪上歩行具、特にスノーシューの有用性が明らかとなった.

雪上歩行時の不安定要因の指標として埋没深の左右差を用いることができると考えられる. 図5において、つぼ足の踵側の左右差が大きくなっていることから左右のバランスが取りにくい要因であると示唆される. また、踵部左右差においては、かんじきよりもスノーシューの方が少ないことから、より安定した歩き方を可能にしていると考えられる. 被験者からは、「かんじきがスノーシューに比べて歩きづらい」という感想が挙げられた. その要因としては、かんじきの体重に対する底面積がスノーシューよりも小さいことや踵側が深く埋没するためつま先での蹴り出しが利かないが考えられる.

つぼ足の埋没深を推定する因子として積雪深や硬度、密度などの雪の物理的性質が考えられるが、本研究ではこれらの条件からの検討が及ばなかったため今後の課題としたい.

【結論】

雪上歩行時には、2種類の雪上歩行具を装着することの有用性、かんじきとスノーシューの埋没する特徴に違いがあることが明らかとなった. 特に、スノーシューは、柔らかい深雪で埋没深が大きい場合、足の埋没を軽減させるより高い効果を有していることが示唆された.

<謝辞>

本研究にご協力いただきました被験者、験者としてご協力頂きました学生ならびにスポル会員の皆様にこの場を借りまして深謝申し上げます。

<付記>

本研究は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「北海道型スポーツ振興システムの構築」(平成23年～平成25年、北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター)の助成を受け、健康スポーツ研究分野のプロジェクト研究として行われた。

<参考・引用文献>

- 1) Dalleck L., DeVoe, D.E., and Kravitz, L., 2003: Energy cost and physiological responses of males snowshoeing with rotating and fixed toe-cord designs in powdered snow conditions. *Ergonomics*, **46** (9), 875-881.
- 2) Schneider, P. L., Porcari, J. P., Erikson, J.D.A., Foster, C., Brice, G., and Freeman, A. 2001 : Physiological Responses to Recreational Snowshoeing. *Journal of Exercise Physiology*. **4** (3), 45-52.
- 3) 社団法人日本雪氷学会編, 2010: 積雪観測ガイドブック, 朝倉書店, 50-52.