足踏み動作と歩行動作における関係性の検討

○田中 颯（九州大学大学院芸術工学府）

中島 弘貴（九州大学大学院芸術工学府）

村木 里志（九州大学大学院芸術工学研究院）

Interrelationship between Stepping and Walking Motion

Hayate TANAKA (Graduate School of Design, Kyushu University),

Hiroki NAKASHIMA (Graduate School of Design, Kyushu University),

Satoshi MURAKI (Faculty of Design, Kyushu University)

1. はじめに

立位姿勢からその場で左右交互に足踏みを行う動作（足踏み動作）は、歩行動作と関連付けられ、移動能力を示す動作指標の一つとして考えられている。しかしながらその動作特性、加齢変化については詳細な報告が少なく、歩行能力推定および歩行動作解析の代用としてこれを利用するにあたっては不明な点が多い。

昨年度の報告¹⁾では若年者および高齢者における足踏み動作の動作比較を行った。その結果、足踏み動作では時間因子について加齢変化が見られにくいものの、それらの変動係数(CV)は加齢により増加することが示された。歩行動作では歩行周期などの被験者内変動が加齢により大きくなることが知られているが、足踏み動作でも時間因子の被験者内変動が加齢によって大きくなることが示唆された。

歩行動作の場合、歩行周期時間の変動係数はバランス機能や移動能力などと有意な相関を示す²⁾。このことから、足踏み動作指標における変動係数が歩行指標および移動能力等との相関を示せば、歩行能力推定の代用としての足踏み動作利用の有用性が高まると考えられる。

そこで本報告では高齢者を対象とし、足踏み動作解析に加えて、歩行動作解析および移動能力の測定を行い、足踏み動作指標と歩行・移動能力指標との関係性を検討した。

2. 方法

2-1. 被験者

被験者は歩行に支障をきたす疾患を持たない高齢者女性16名（平均年齢70.4±4.4歳、平均身長151.0±5.9cm、平均体重51.2±6.2kg）とした。被験者には実験の目的および方法を十分に説明した後、実験参加の同意を得た。

2-2. 測定内容

赤外線カメラ7台で構成される三次元動作解析システムを用い、サンプリング周波数100Hzで足踏み動作および歩行動作の撮影を行った。被験者には31個の反射マーカを装着した。

足踏み動作を平坦な場所で測定した。動作中は常に開眼し、被験者の4m先に設置したポイントに視線を合わせるように教示した(図1)。足踏みのペースは被験者が快適な速さとし、足部挙上の程度は任意とした。解析区間は足踏み開始後、動作が安定してからの30秒間とした。

歩行動作を10mの木板歩行路にて測定した。歩行速度は自由歩行とし、練習試技を5回以上行わせた後に撮影を行った。動作開始直後と動作停止前を除く、歩行動作が安定している区間内での左右それぞれ2歩分、計4歩を解析した。

さらに移動能力の推定指標としてTimed Up and Go test (TUG)を行った。2回行い最速値を記録とした。

図1 足踏み測定の簡略図

2-3. 足踏み動作指標

1分間における足踏みの歩数をケイデンス[steps/min]、一方の爪先が接地してから再び接地するまでの時間をs周期時間[s]とした。また1足踏み周期におけるs立脚期・s遊脚期・s両足支持期の時間[s]および、これをs周期時間で除した割合[%]を算出した。歩行指標との混同を避けるため、足踏み動作指標は「s指標名」と表記する。

表1 足踏み指標変動係数と歩行指標との相関係数(n=16)

歩行指標 足踏み CV	歩行周期	歩幅/ 身長	立脚期 時間	立脚期 割合	遊脚期 時間	遊脚期 割合	両脚支持 期時間	両脚支持 期割合	TUG
s 周期時間	0.035	-0.084	0.059	0.054	-0.014	-0.054	-0.093	-0.126	0.614 *
s 立脚期時間	0.372	0.128	0.338	-0.044	0.315	0.044	-0.022	-0.213	0.516 *
s 立脚期割合	0.362	0.092	0.277	-0.168	0.370	0.168	-0.032	-0.206	0.614 *
s 遊脚期時間	0.255	-0.008	0.180	-0.171	0.282	0.171	-0.028	-0.152	0.741 *
s 遊脚期割合	0.376	0.073	0.281	-0.208	0.404	0.208	0.008	-0.174	0.659 *
s 両脚支持期時間	0.544 *	0.246	0.434	-0.234	0.562 *	0.234	-0.058	-0.332	0.339
s 両脚支持期割合	0.458	0.180	0.345	-0.254	0.497	0.254	-0.092	-0.321	0.440

* p<0.05

また、各足踏み動作指標について解析区間である30秒間(約52歩)の変動係数(CV)を求めた。

2-4. 歩行指標

歩行周期時間[s]、歩幅を身長で除した割合[%]、立脚期・遊脚期・両脚支持期の時間[s]および割合を算出した。

2-5. 統計処理

足踏み動作指標および変動係数と歩行指標とのピアソン積率相関係数を算出した。全ての統計処理における有意水準は5%未満とした。

3. 結果

s立脚期割合とTUGとの間に有意な正の相関が見られ($r=0.630$)、s遊脚期割合とTUGの間には有意な負の相関($r=-0.630$)が見られた。しかし他の足踏み動作指標と歩行指標の間には有意な相関は見られなかった。

表1に足踏み動作指標CVと歩行指標との相関係数を示す。足踏み動作におけるs周期時間、s立脚期時間、s立脚期割合、s遊脚期時間およびs遊脚期割合の各変動係数とTUGとの間に有意な正の相関が見られた。また、足踏み動作におけるs両脚支持期時間CVについては歩行周期、歩行遊脚期時間と有意な正の相関を示した。

4. 考察

足踏み動作指標とTUGの相関から、足踏み動作の立脚期割合が長く、遊脚期割合が短くなるほどTUGの成績が低くなることが示された。TUGテストは起立・着座・方向転換を含んだ動作であり、歩行能力のみならず動的バランス能力との関連性³も報告されている指標である。同様に足踏み動作

についても動的バランス能力との関係が指摘され、動的バランスの評価法としての検討も行われている。本研究でのs立脚期、s遊脚期とTUGとの関係はこれらの先行研究を支持する結果であると考えられる。

足踏み動作指標CVの多くはTUGとの有意な正の相関を示した。つまり足踏み動作指標CVが大きくなるほどTUGの成績が低くなった。変動係数は同一被験者における動作のばらつきを示す指標であり、歩行動作に関しては、歩行周期CVが大きいほどTUGの成績が低くなるという関係が報告されている²⁾。従って歩行同様にTUGとの関係性が見られる足踏み周期時間CVには、高齢者の移動能力の推定が可能であることが示唆された。

今回報告に至った結果の中では、足踏み動作と歩行動作についての明確な関係性を表す指標は示されなかった。今後は関節角度変化量などの運動学的な指標に探索範囲を拡大し、両者の関係性を引き続きより詳細に検討していく予定である。

参考文献

- 1) 田中颯 他：“足踏み動作の若年者と高齢者における比較”，人間工学，Vol. 52，特別号，pp. 298-299，2016.
- 2) 新井智之 他：“10m 歩行における歩行周期変動と運動機能、転倒との関連：小型加速度計を用いた測定”，理学療法学，Vol. 38，No. 3，pp. 165-172，2011.
- 3) 河西謙吾 他：“動的バランス評価としての足踏み動作の有効性の検討”，理学療法学，Vol. 41，No. 2，p. 1587，2014.