電動台車による操作者の歩行特性に関する基礎的研究

○阮 至廷（九州大学大学院芸術工学府）

Loh Ping Yeap（九州大学大学院芸術工学研究院、日本学術振興会特別研究員）

村木 里志（九州大学大学院芸術工学研究院）

Basic study on gait characteristics with power platform cart

Chih Ting JUAN (Graduate School of Design, Kyushu University),

Ping Yeap LOH (Faculty of Design, Kyushu University; JSPS Research Fellow),

Satoshi MURAKI (Faculty of Design, Kyushu University)

1. はじめに

少子高齢化の急速な進展により、今後大幅な労働人口の減少が予想されている。こうした中、生産力を維持する、生活水準を保っていくためには、人間の作業を機器に置き換えることが求められていく。このような背景から、人間の身体作業を軽減する目的で開発されたアシスト機器の開発が進み、その機器の一つに電動台車がある。電動台車は電動モーターの力で運搬作業を支援することにより、作業者の作業負担軽減に大きな効果が期待できる。

一方、電動台車を利用する際、そのアシスト力が全て、作業負担軽減に反映されるとは限らない。現状の電動台車はモーターによって推進力を与えるが、利用者である人間側がどのように台車を押しているかは配慮しない。そのため、人間側が台車の作業負担軽減効果が高まるよう、台車の推進特性に合わせて操作を行うのが現状である。電動台車の場合は特に歩行の動作特性を調整することが予想され、それが逆に特異な身体的、精神的負担を生じさせる可能性がある。

そこで本研究では、電動台車のアシスト機能が歩行動作に及ぼす影響に加え、電動台車前進速度の違いが歩行動作に与える影響を検討することを目的とする。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は健康で自立歩行が可能な成年男性13名（年齢：26.4±2.2歳、身長：174.3±4.8cm、体重：74.0±8.5kg）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. 実験手順

マニュアルモードと電動アシストモードを切り

替えることができる電動台車（サンコー株式会社、型番：ELASSDOL）を用いた。マニュアルモードでの直線運搬（荷重なし，M；荷重あり，M-H）と電動アシストモードでの直線運搬（低速，P-L；中速，P-M；高速，P-H）、計5条件をそれぞれ3回行った。被験者には12mの水平な歩行路を歩行・直線運搬させた。各条件を実施する順番は被験者ごとにランダムとし、1試行ごとに十分な休憩を取らせた。

2.3. 測定項目

運搬動作は赤外線カメラと反射マーカを用いた3次元動作解析装置により測定した。歩行速度が定常となっている1歩行周期間の歩行速度（m/sec）と右脚の歩調（step/min）、ステップ長（m）、立脚期・遊脚期・両脚支持期の割合（%）を解析項目とした。測定は各条件に対し3回行い、平均値を算出した。

2.4. 統計処理

運搬条件を要因とする反復測定による一元配置分散分析を行った。主効果が認められた場合にはBonferroni法による多重比較検定を行った。危険率5%未満を有意とした。

3. 結果・考察

3.1. 歩行速度、歩調とステップ長

各条件における歩行速度、歩調、ステップ長の結果を図1(a)－(c)に示す。分散分析の結果、歩行速度、歩調とステップ長に運搬条件の主効果が認められた。マニュアル運搬条件間で比較した場合、荷重の有無による歩行速度、歩調、ステップ長の有意な差は認められなかった。また、電動アシスト運搬条件において、3条件間（P-L条件、P-M条件、P-H条件）にて歩行速度、歩調、ステップ長に大きな違いが認められた。図1(a)－(c)に示すように、電動アシスト機能を使う場合は、

前進速度を上げていくと、台車の速度に合わせ、歩行速度を高くする必要があり、そのためにステップ長と歩調が大きくなると考えられる。

一方、各条件間で比較した場合、M-H条件の歩行速度はP-M条件と比較して有意な差が見られないが、歩調とステップ長に有意な差が認められ、P-M条件の方が歩調が大きく、ステップ長が小さくなった。P-M条件におけるステップ長の減少の理由としては、人間側が電動台車の推進力に合わせて歩いたため、すなわち受動的な歩行動作になったためと考えられる。久保は、能動的歩行に対して受動的歩行は、歩行環境に適応するため、歩幅を短くして遊脚時間を短くすると報告している¹⁾。このように台車のアシスト機能を利用すると受動的な歩行になり、身体のバランスを保つためにステップ長が短くなったと考えられる。

3.2. 立脚期、遊脚期と両脚支持期の割合

各条件における立脚期、遊脚期、両脚支持期の割合の結果を図1 (d) – (f)に示す。分散分析の結果、立脚期、遊脚期と両脚支持期の割合に運搬条件の主効果が認められた。マニュアル運搬条件間で比較した場合、どの歩行位相指標にも荷重の有無による有意差は認められなかった。一方、電動アシスト運搬条件間で比較した場合、前進速度の違いによる有意な差が認められた。電動台車の前進速度が減少すると立脚期の割合が大きくなり、

両脚支持期の延長が見られた。これは単純に歩行速度の低下によって起こったとも考えられるが、上述したように、受動的歩行になったことからバランスを保つために立脚期や両脚支持期を増加させている可能性がある。今後は運搬作業を伴わない自然な歩行等の比較や下肢の筋活動等の計測を加え、電動台車の歩行特性をより詳細に検討していきたい。

4. 結論

本研究によって、電動台車のアシスト機能が歩行動態に影響することが確認された。電動アシストを使う場合、受動的な歩行になり、歩行動作に再適応させるため、ステップ長はアシスト機能を利用しない運搬より短くなったと示唆される。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP15K14619、JP17H01454の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 久保 晃：“トレッドミルの歩行速度の知覚について”，理学療法のための運動生理，Vol. 6, No. 1, pp. 33-38, 1991.

図1 (a) 歩行速度 (b) 歩調 (c) ステップ長 (d) 立脚期割合 (e) 遊支持期割合 (f) 両脚支持期割合

* $p < 0.05$