歩調の 0.5 倍成分が卓越する歩行形態の把握と医工連携研究への取り組み

近畿大学理工学部　フェロー　米田　昌弘

1. はじめに

歩行外力には，歩調成分のみならず，歩調の 2 倍や 3 倍に相当する高次成分が存在することは以前から知られていたが，最近になって，歩調の 0.5 倍や 1.5 倍に相当する成分も存在することがわかってきた [1)]．そこで，歩調の 0.5 倍成分が誘起される歩行形態に主眼を置いて歩行実験を実施したところ，脳卒中片麻痺患者を模擬した引きずり歩行やぶん回し歩行を行った場合に，0.5 倍成分が明確に卓越することがわかった．この知見は，リハビリテーション医療への応用という観点から，片麻痺患者の歩行特性を定量的に評価する指標になり得ると考えられ，ここにその実験結果を報告する．

2. 片麻痺を模擬した健常者の歩行実験

本研究では，被験者の左右腰部（それぞれの鉛直方向と前後方向）に加速度応答を計測するための加速度計（被験者から見て上向きと進行方向が正）を**写真-1** に示すように取り付ける．なお，加速度計は左右の腰部にそれぞれ 2 台（鉛直方向と前後方向）の合計 4 台設置した．ちなみに，医療分野で加速度計を設置する場合，第 2 腰椎部位に装着バンドで固定するのが一般的であるが，この設置方法では左右腰部で逆位相となる成分は検出できない．実験では，電子メトロノームは使用せず，被験者（健常者）が各自の歩きやすい自由な速度で，移動距離 20m を通常歩行と片足を引きずる片麻痺模擬歩行を行った．

被験者は著者自身（身長が 175cm，体重が 833N）と，著者の研究室に在籍した研究当時 4 年生の大学生（男子 5 名＋女子 1 名=6 名；男子は身長が 167～180cm，体重が 608～735N，女子は身長が 157cm，体重が 451N）ならびに 3 年生の大学生（男子 4 名＋女子 2 名=6 名；男子は身長が 167～171cm，体重が 500～608N，女子は身長が 152cm と 157cm，体重が 392N と 421N）である．なお，全員が健常者であることから，片麻痺引きずり模擬歩行にあたっては，片麻痺患者が麻痺側の下肢を引きずって歩行するビデオを

写真-1　加速度計の設置状況

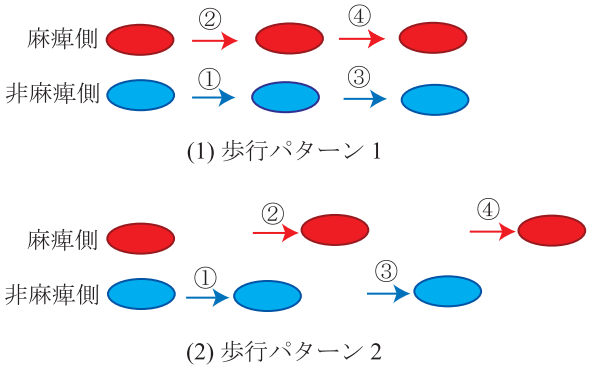

図-1　着目した 2 つの歩行パターン

何回も見て事前に練習を繰り返した後，歩行実験に臨むものとした．

3. 実験結果と考察

程度の差こそあれ，被験者 13 人の結果は同じ傾向を示したことから，ここでは，典型的な事例として，4 年生の男子学生 TA(180cm，627N）が左足を引きずる模擬歩行（左膝をあまり曲げないで右足主体で歩行）した場合の実験結果を提示する．なお，左足を引きずる模擬歩行では，右足を主体的に使って歩行するが，この際，**図-1** に示すように，左足が右足の横にきて両足が揃うように歩行する場合（歩行パターン 1）と左足が右足よりさらに前方に送り出され，両足が揃わないように歩行する場合（歩行パターン 2）の 2 つの歩行パターンを設定した．ちなみに，歩

キーワード：歩調の 0.5 倍成分，FFT 解析，片麻痺歩行，リハビリテーション，医工連携
連　絡　先：〒577-8502　東大阪市小若江 3-4-1　TEL 06-6721-2332　FAX 06-6730-1320

調の 0.5 倍成分が卓越する現象は，鉛直成分よりも前後方向でより顕著に現れたので，ここでは腰部前後方向における解析結果を提示する．

(1) 健常者が正常歩行した場合

男子学生 TA（健常者）が正常歩行した場合の腰部加速度波形を FFT でスペクトル解析した後，2Hz ローパスフィルター処理を行って歩調成分以下の波形を抽出した．抽出した波形を**図−2** に示すが，この結果より，

・正常歩行では歩調に対応する 1 倍成分（1.709Hz）が卓越し，0.5 倍成分はほとんど生じていない
・腰部前後方向の加速度波形は，乱れの少ないきれいな波形パターンとなっている

ことがわかる．

(2) 健常者がパターン 1 の引きずり歩行（右足主体歩行）した場合

2Hz ローパスフィルター処理して歩調成分以下の波形を抽出した．抽出した波形とそのパワースペクトルを**図−3** と**図−4** に示すが，これらの結果より，

・0.5 倍成分（0.7568Hz）は 1 倍成分（歩調成分である 1.4893Hz）よりも卓越している
・腰部前後方向の加速度波形は，0.5 倍成分が卓越するものの，1 倍成分（歩調成分）も少し混在した波形パターンとなっている

ことがわかる．

(3) 健常者がパターン 2 の引きずり歩行（右足主体歩行）した場合

2Hz ローパスフィルター処理して歩調成分以下の波形を抽出した．抽出した波形を**図−5** に示すが，この結果より，

・0.5 倍成分（0.7813Hz）と 1 倍成分（歩調成分である 1.6113Hz）は概ね同じ程度だけ卓越している
・腰部前後方向の加速度波形は，0.5 倍成分と 1 倍成分が概ね同じ程度だけ混在するため，二つの山がある乱れた波形パターンとなっている

ことがわかる．

4. まとめ

本研究により，腰部前後方向における 0.5 倍成分のパワースペクトル（あるいは，歩調以下の成分を取り出した加速度波形）が片麻痺歩行の定量的な評価指標になり得ると推察された．それゆえ，今後は，医工連携研究の一環として，実際の片麻痺患者に対する臨床応用を考えた研究を開始したいと考えている．

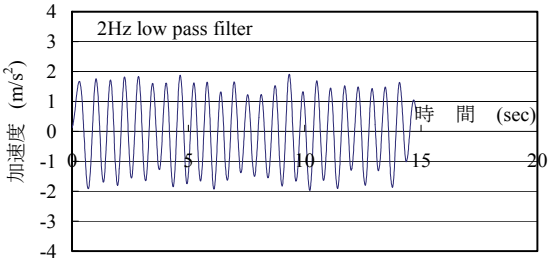

図-2 正常歩行した場合の歩行波形

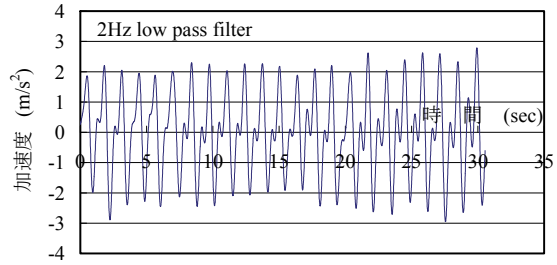

図-3 引きずり歩行した場合（パターン 1）の歩行波形

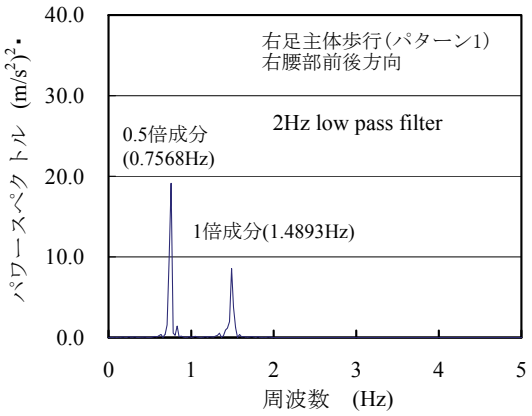

図-4 引きずり歩行した場合（パターン 1）のパワースペクトル

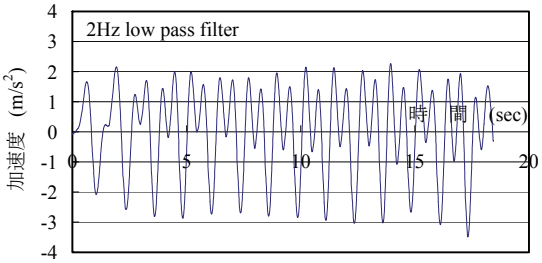

図-5 引きずり歩行した場合（パターン 2）の歩行波形

参考文献

1) 米田昌弘：パワースペクトルを用いた鉛直歩行外力の算定とその高次成分の評価，構造工学論文集 Vol.59A，pp.332-339，2013.3.