

青年期ダウン症者における歩行動作の特徴

—臨床動作法の観点から見た定量的分析—

菊池 哲平

Features of Gait Movement in Adolescents with Down Syndrome: A Quantitative Analysis from the Viewpoint of *Dohsa-hou*

Tepei KIKUCHI

(Received October 1, 2013)

This study is intended as an investigation of the features about gait movement in adolescents with Down Syndrome (DS), quantitative analysis of 10 adolescents with DS's gait movement were conducted. Compared to 9 participants with typical development, the participants with DS had the features of gait movement as follows; 1) the height of the tiptoe in the swing phase is low, and the knee joint is crooked when the heel touches ground. 2) the height of knee joint is hardly change in the swing phase. 3) the hip joint movement is unusual, 4) the movement of swing arms is slightly. 5) the length of stride is shortly. 6) the gait movement is slowly. 7) the gravity point is back when the heel touches ground. It is suggest that the quantitative analysis is beneficial in effectiveness measurement of *Dohsa-hou* for DS.

Key words : Down Syndrome, Gait Movement, Quantitative Analysis, *Dohsa-hou*

1. 問題と目的

「歩く」という運動は人間の最も基本的な運動の1つである。寝返り、四つ這い、立位、歩行といった人間の運動発達過程において歩行の獲得は、その最後に位置し、生活空間の著しい拡大をもたらし、この点において他の運動の獲得や認知などの精神発達のための基盤となる(豊村・柏木, 1990)。

子どもの成長や発達にとって、運動機能の遅れや障害は生活そのものを遅らせてしまうといわれている。最近では、障害をもつ子どもたちの身体の「もつれ」や「つまずき」に関して、「直立姿勢」や「二足歩行」に関わる遅れ・問題が非常に多くみられ、こうした子どもたちの実態をふまえて「歩く」ことが重視されてきている。

歩行とは、右足と左足を交互に前へ出す動作を繰り返し行うことである。この時、身体の重心移動や、骨盤、膝関節、足関節などの回旋や伸展、屈曲といった下肢の動き、頭部や腕振りといった上肢の動きがみられる。つまり、歩行は重心の移動や身体各部分の動きを伴う全身のバランス運動である。例えば、一般的な定型発達者の歩行は、踵から接地し、足全体が地面に

接地する。踵が接地した時の膝関節はほぼ完全に伸展する。そして、身体がまっすぐ起き、身体の真下に体重が乗る。この時十分に体重をかけることで、うまく力が入り、歩幅の伸びや歩行速度の速さにもつながる。反対に、十分に体重がかかれないと歩く姿勢が悪くお尻が引けたような歩き方になってしまう。その後、踵が地面から離れ、蹴りだし、遊脚期に入る。遊脚期では足首が上がっていることが重要である。足首が上がるということは、遊脚期のつま先が高く上がり歩行中に躓く可能性が低くなることを示す。腕の振りは、やや肘関節が屈曲し、前後に振ることでバランスを保っている。

踵接地時に膝関節が伸展することや、身体の真下に体重がのること、遊脚期のつま先が上がるという動作がうまく出来ない、日常生活において歩行時だけでなく、階段昇降や走行時での躓きや転倒を引き起こす可能性が高くなると考えられる。また歩行動作の変化には、年齢に伴う身体の変化、特に脚の筋機能の変化や、姿勢保持能力の低下、柔軟性の低下などが原因として挙げられる。岡田(2007)は、転倒予防とバリアフリーという観点から、高齢者の歩行動作に関して、歩幅は狭く、股関節の伸展屈曲角度が小さいという特徴があることを示し、高齢者は腰が曲がっている

ため踵が上がらず、またつま先も上がらないことを指摘している。つまり、姿勢保持や筋力の低下が歩行時の転倒を起こしやすくしているともいえる。

一方、ダウン症者は、乳幼児期の頃から運動発達に遅れを示すことが知られている(菊池, 2002)。乳幼児期から筋緊張の低下という特徴を持ち、特に股関節部位の低下が著しいため、独座や立位姿勢の獲得といった運動発達のマイルストーンが全般的に遅れ、特に歩行の獲得は定型発達児が平均 14 ヶ月頃に獲得するのに比べ 1 年以上の遅れを生じる(菊池, 2002)。歩行獲得後もダウン症児の運動発達の遅れは指摘され、特に姿勢の悪さ(小田・北川・糸永, 1991)やジャンプ、片脚立ち、階段昇降などが困難である(鈴木・小嶋・東城・半澤, 2008)ことが示されている。また青年期のダウン症者においてもバランス能力の低さから姿勢保持が困難であることが示されている(水田, 1991)。さらに定型発達児や自閉症、その他の知的障害児に比べてダウン症児は歩行速度が遅く歩幅が狭い(上林・池田, 1988; 平田・奥住・北島・細測・国分, 2010)こと、歩行時に前かがみになるなどの姿勢の悪さ(豊村ら, 1990)が指摘されている。

筆者はダウン症児者に対する臨床動作法(田中, 2002)に基づく実践から、ダウン症者の歩行動作特徴を以下のように考えた。1) 股関節部位の伸展が困難で骨盤を直立させずに歩行する、2) 膝反張状態から脚を左右に振り出して歩行するため遊脚が短距離になる、3) 出し足を接地する際、前傾姿勢になりやすく、膝を屈曲させ踵から接地する、4) 重心を踵にしたまま移動するため蹴り出すことが困難、5) バランスを取るため全身を緊張させ、特に肩部位を上方向に緊張させる。こうした特徴は臨床的な印象から見いだされるものであるが、多くのダウン症者に共通してみられる特徴であり、動作法では上記の視点に基づいて以下のような訓練が実施される。1) 股関節部位の伸展を目標にしたリラクゼーション、及び骨盤を直立させた姿勢作りと股関節部位の伸展動作の自己コントロール、2) 立位姿勢での膝関節の屈曲・伸展動作の自己コントロール、3) 立位や片膝立ち姿勢でのつま先への重心移動、4) 全身(特に肩部位)へのリラクゼーション。これらの動作訓練を実施することで、ダウン症児者の歩行を改善することができ、その効果についても多数報告されている(e.g., 田中, 1998)。

その一方で、こうした臨床動作法によるダウン症者の姿勢・動作面への効果については、定量的分析に基づく効果測定が必要である。しかし歩行については、その動作が常に流動的かつ 3 次元的であるため非常に困難であり、こうしたダウン症者の歩行動作の特徴を定量的に分析しようという試みは必ずしも多くなかつ

た。そこで本研究では、青年期以降の定型発達者とダウン症者の歩行動作を比較し、ダウン症者の歩行運動の特徴を定量的に分析することを目的とした。

2. 方法

1) 対象

対象者は、ダウン症群(以下、DS 群)は高等部に在籍するダウン症者 2 名、成人ダウン症者 8 名の計 10 名(男性 7 名、女性 3 名)、及び定型発達者群(以下、TD 群)は大学生 9 名(男性 4 名、女性 5 名)である。DS 群の対象者は、日常で歩行動作を行っており、特に大きな神経的疾患や外傷を有していないことを確認した。また DS 群の対象者は全員、動作法など姿勢・歩行に関するリハビリテーション訓練を現在受けていない。

後の分析のため、各対象者の身長を個別に測定したところ、DS 群の身長の平均は 151.3cm (SD=5.71)、TD 群は 165.0cm (SD=6.86) であり、両者には有意な差がみられた ($t_{(17)}=4.75$, $p<.01$)。

2) 手続き

対象者の自由歩行(約 10m)を右側からビデオカメラ(SONY HDR-XR350V)で撮影した。その際、各部位の動きを明瞭にするために、対象者には①右半身の肩、②肘関節、③手首、④股関節、⑤膝関節、⑥踵、⑦つま先の 7 ヶ所にマークを貼付した。ビデオは歩行 6 歩分が入る程度の距離から撮影し、画面上での長さの基準となる 40cm の棒を準備し、映像中で対象児の歩幅等が測定できるようにした(Figure 1)。撮影場所は、DS 群は屋内施設の廊下、TD 群は屋外のグラウンドであり、どちらも靴を履いて歩行を行った。

自然歩行を撮影するため、被験者には目安となる線を示し「普段通りにここをまっすぐ歩いてください」とだけ指示した。歩行に障害となるものは除外した。

3) 分析方法

撮影した動画を Adobe 社製 Photoshop CS3.0 にて 1 秒間を 30 フレームに分割し、歩行 1 サイクル分(ここでは、遊脚期の右足が立脚期の左足を越える時点から、再び右足が左足を越える時点までを 1 サイクルとする)を 1 つの静止画として JPEG 形式で保存した(Figure 2)。静止画を、1 フレームごとに地面からの肩、股関節、膝関節、踵、つま先のマークした箇所までの長さを測定し、身長にともなう両群の差を除外するためつま先、踵、膝関節、股関節、肩、歩幅を対象者各々の身長で除し、時間経過に伴う軌跡を算出した。

(1) 歩幅: 歩幅は、右足・左足各々が前に出た時のつま先からつま先までの歩幅を測定した。

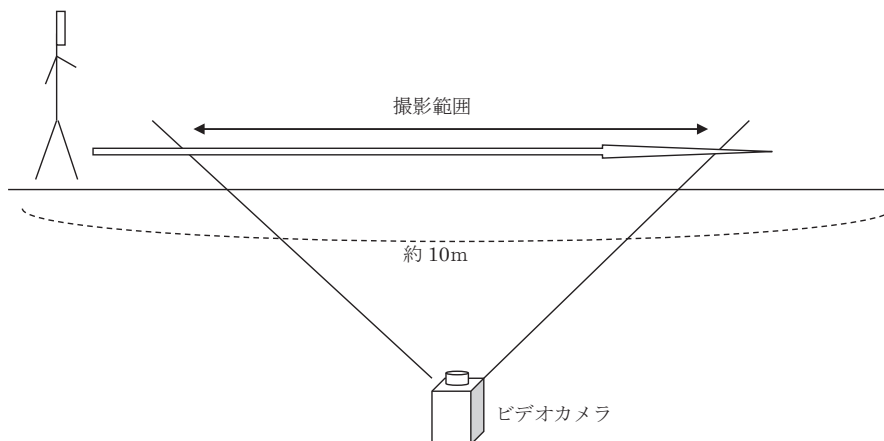


Figure 1 歩行動作及びビデオ撮影の設定



Figure 2 歩行1サイクル分の静止画の例

- (2) 膝関節角度：踵が接地した時点での膝関節伸展角度を求めた。
- (3) 腕振り：右腕の前後の腕振り最大角度を求めた。
- (4) 身体の移動角度：踵が地面に接地した時点から、足底全てが接地した時の身体の移動角度を求めた。

3. 結果

1) 下肢の動作

- (1) つま先：つま先部位の歩行1サイクルの軌跡を Figure 3 に示した。遊脚期の身長比つま先最大高の平均は、TD 群は 0.091 であり、一方、DS 群は 0.067 で、両群の間に有意差 ($t_{(17)} = 2.94, p < .01$) がみられた。
- (2) 踵：踵部位の軌跡を Figure 4 に示した。踵の接地時間の長さは TD 群は平均 0.304 秒であり、一方、DS

- 群は 0.447 秒で、両群の間に有意差 ($t_{(17)} = -3.17, p < .01$) がみられた。
- (3) 膝関節：膝関節部位の軌跡を Figure 5 に示した。TD 群に比べ DS 群の方が膝関節部位の地面からの距離の最大と最小の差が小さく ($t_{(17)} = 2.21, p < .05$)、膝関節部位の動きが少なかった。
- (4) 股関節：股関節部位の軌跡を Figure 6 に示した。TD 群の方が DS 群に比べ、股関節はゆるやかな波線を描くように動いていた。また DS 群は歩行1サイクルの途中で急激に股関節が上がるなど独特な動きを示していた。地面からの距離の最大と最小の差を比較したが、両群の間に有意な差はみられなかった。
- (5) 踵接地時の膝関節角度：踵が地面に接地した時の膝関節の角度の平均は、TD 群は 173.3 度、DS 群は 168 度で、両群に有意差 ($t_{(17)} = 1.82, p < .05$) がみられた (Figure 7)。

2) 上肢の動作

(1) 肩の軌跡：肩部位の歩行1サイクルの軌跡をFigure 8に示した。TD群に比べDS群の方が肩の位置は高い位置にあったが、両者の間に有意な差はみられなかった。

(2) 腕振り角度：腕振りの最大角度の平均は、TD群は65.7度、DS群は18.3度で、両群の間に有意差 ($t_{(17)} = 6.02, p < .001$) がみられた (Figure 9)。

3) 歩行1サイクルの時間と歩幅、身体の移動

(1) 歩行1サイクルの時間：歩行1サイクルの時間の平均は、TD群は0.856秒であり、一方、DS群は0.977秒で、両群の間に有意差 ($t_{(17)} = -3.6, p < .01$) がみられた (Figure 10)。

(2) 歩幅：TD群の右足が前に出た時の歩幅の平均は0.42であり、左足が前に出た時も0.42であった。一方、DS群では右足が前に出た時は0.33であり、左足が前に出た時は0.31だった。両群の間にそれぞれ有意差 (右足前 $t_{(17)} = 3.87$; 左足前 $t_{(17)} = 4.35$, とともに $p < .01$) がみられた (Figure 11)。

(3) 接地時の移動角度：踵が地面に接地してから、足の裏全体が地面に接地した時の身体の移動角度の平均は、TD群は8.5度、一方、DS群は6.9度で、両群の間に有意差 ($t_{(17)} = 2.26, p < .05$) がみられた (Figure 12)。

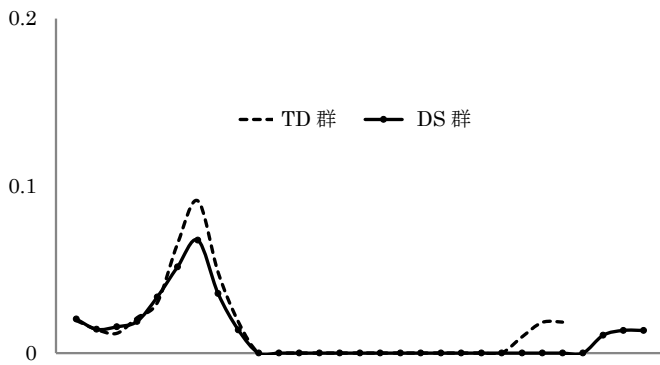


Figure 3 つま先の歩行1サイクル軌跡

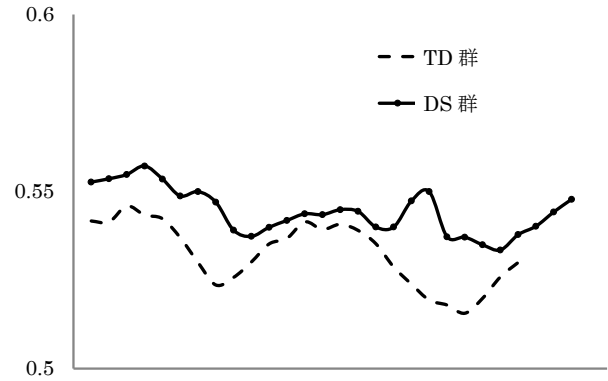


Figure 6 股関節の歩行1サイクル軌跡

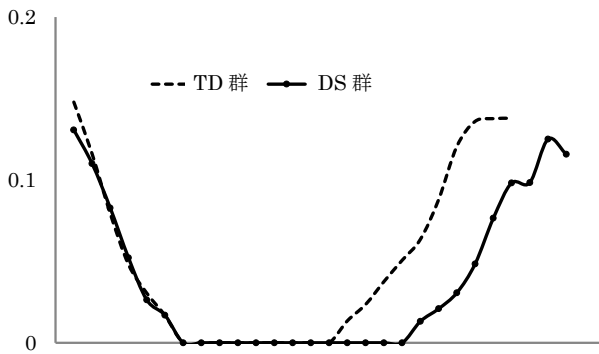


Figure 4 踵の歩行1サイクル軌跡

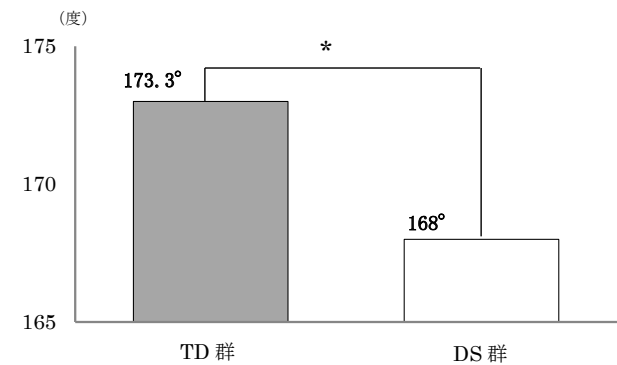


Figure 7 踵接地時の膝関節角度

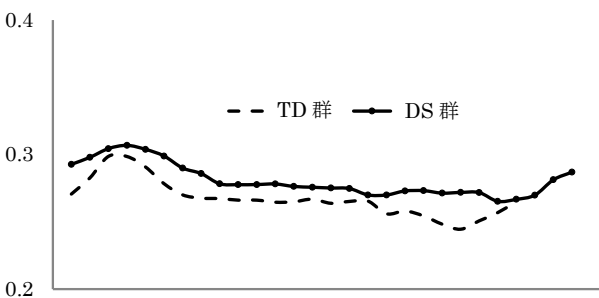


Figure 5 膝関節の歩行1サイクル軌跡

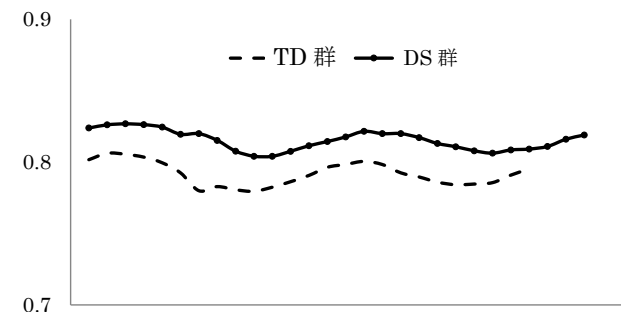


Figure 8 肩部位の歩行1サイクル軌跡

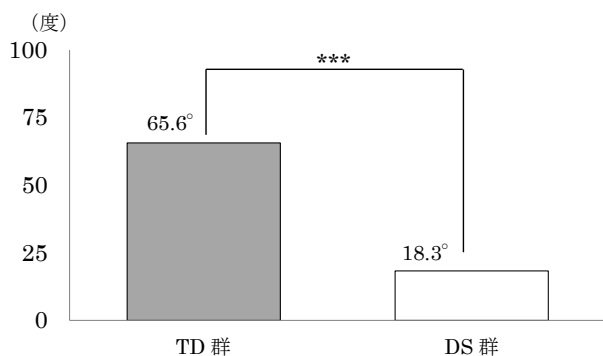


Figure 9 腕振りの角度

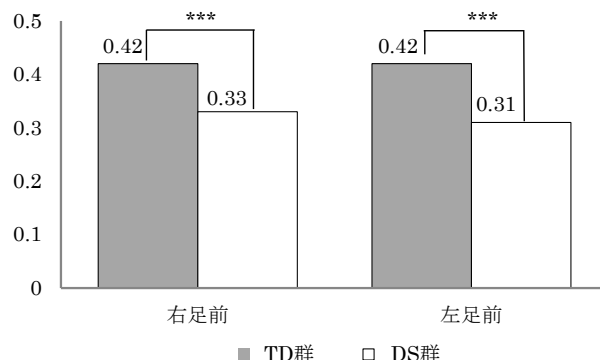


Figure 11 左右の歩幅

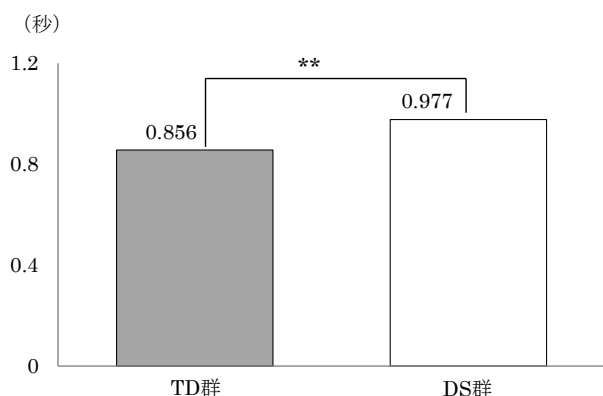


Figure 10 歩行1サイクルの時間

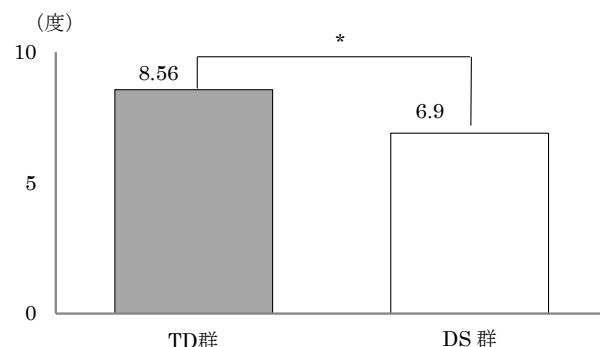


Figure 12 踵接地時の身体の移動角度

4. 考察

1) ダウン症者の歩行動作の特徴

ダウン症者の歩行動作に関して、以下のような特徴が挙げられた。①ダウン症者は定型発達者に比べ、遊脚期のつま先の高さが低く、踵接地時に膝が屈曲している。②膝関節の位置はほぼ変わらない、③股関節が独特の動きをしている。④腕を振る動作が小さい。⑤歩幅が狭い、⑥歩行動作がゆっくりである、⑦踵が接地してから足底全体が接地した時の身体の移動は小さく、重心が後ろに残っている。またその他、統計的な有意差はみられなかったものの、肩が比較的高い位置にあることが示された。以下、それぞれの特徴について詳述する。

(1) 下肢の動作特徴について

遊脚期の身長比つま先最大高は、定型発達者に比べダウン症者の方が低い値を示した。遊脚期のつま先の高さが低いということは、遊脚の足部の推移が低いということを意味し、いわゆるすり足様の歩行に近い。したがって段差などに躓きやすいということがいえよう。

また定型発達者は踵接地時の膝関節角度が 173.3 度

とほぼ完全に伸展するが、ダウン症者には膝関節角度にばらつきが大きく、膝が屈曲した状態で接地する者がいた。上林ら(1988)は、年少のダウン症児は定型発達児に比べ、膝関節を伸展させた脚のスムーズな振り出しの獲得が遅れ、膝関節を屈曲させたまま脚を振り出す特徴があると指摘している。本研究の結果、青年期以降のダウン症者においても、膝関節を伸展させる脚のスムーズな振り出しは難しいことが考えられる。

また膝が屈曲した状態で踵が接地することは、ほぼ完全に膝が伸展して接地する時よりも歩幅が狭くなる。上林ら(1988)は、膝関節を屈曲させたまま脚を振り出す特徴のあるダウン症児は、定型発達児に比べストライド長が短くなると考えられるとも指摘している。本研究においても、ダウン症者は膝関節が屈曲して接地していることが歩幅の狭さに関係すると考えられる。

さらに膝が屈曲したまま脚を振り出すことは、足底が地面と平行のまま遊脚をすることになり、このこともすり足様の歩行になりやすいことにつながる。膝関節がほぼ完全に伸展した場合、足先は上がっているため、膝関節角度の大きさがつま先最大高にも影響しているといえる。

今回の実験では歩行に障害となるようなものは除外したが、日常生活では、段差やでこぼこした道、芝などの足元の不安定な場所を歩くことも多い。すり足歩行やつま先高が低い歩行になりがちであるダウン症者にとって、足元の不安定な場所や段差のある場所ですり足や転倒の可能性が高くなることが考えられる。

(2) 上肢の動作特徴について

肩部位の身長に比した地面からの距離は、定型発達者に比べダウン症者が高い値を示している。このことは、ダウン症者は歩行時にバランスをとるために肩部位に緊張が入っていることを示しているといえるが、個人差が大きく統計的な有意差ではなかった。肩及び股関節の地面からの距離については、歩行動作の違いによる差というよりも、個人の体格による差の方が大きく、統計的な有意差として表れなかったものと考えられる。

腕振りの角度については、定型発達者に比べダウン症者の腕振り角度が小さく、腕振りの幅が狭いことが示された。これは歩幅の狭さと関連があるものと思われる。高齢者の歩行動作の改善を試みた井上・斉藤(2004)は、腕振りを大きくすることを意識して歩行を行ったところ、歩幅が拡がり遊脚時のつま先最大高も高くなるなど歩行動作が改善され、躓く可能性が低くなるを示唆している。通常、腕振りは歩行中の身体のバランスを保ち、歩行をリードし、リズムをとるのに重要な要素であるため、腕振りを歩行動作の評価ポイントとして利用することが可能であろう。

またダウン症者において腕振りが小さかったのは肩部位の緊張も影響しているものと考えられる。したがって肩の緊張を抜くことで腕振りを大きくし、歩幅の拡大やバランスの安定を目指すことも重要であると考えられる。

2) 踵接地時間及び歩行1サイクル時間、身体の移動

本研究の結果、定型発達者に比べダウン症者の踵の接地時間及び歩行1サイクルの時間が長いことが明らかになった。すなわち歩調そのものがゆっくりであり、通常時の歩行速度が遅いことを意味する。奥住・國分・平田・田中・葉石・牛山・橋本・北島(2008)は、ダウン症、自閉症、その他の知的障害者の通常の歩行速度を調べ、ダウン症者は歩行速度が他の障害よりも遅いことを明らかにしている。またトレイに乗せた水の入ったコップを運ぶ課題においても、ダウン症群は自閉症、その他の知的障害と比べて、正確さや慎重さは勝るものの、トレイを運ぶのに時間がかかることが指摘されている(平田ら, 2010)。本研究の結果も、これらの知見を追認するものであった。

また踵が接地してから足底全体が接地する間の身体の移動角度がダウン症者が定型発達者に比べて小さい

ことから、ダウン症者は踵を接地させる時点で既に身体を移動させており、いわば前傾気味の姿勢で移動していることが示唆される。加えてつま先最大高が低いことから、踵からつま先までを同時に接地しようとしている傾向があると思われる。これらの動きについては、足底圧分布の足底による重心移動パターンの検討が必要であると考えられる。

3) 今後の課題

本研究で行った歩行動作の分析は、歩行1サイクル分の各部位の軌跡や膝関節角度の大きさ、腕の振り、歩幅を測定するといった2次元的分析であった。しかしながら実際の歩行動作は、左右のバランスなど3次元の動きをしているため、3次元解析が必要である。加えてダウン症者の歩行動作に強い影響を与える骨盤の動きの詳細な分析が必要であると考えられるが、骨盤の動き自体は膝関節や脚の動きに比べて小さいため、歩行という大きな動作の中で測定するためには、測定の精度を向上しなければならない。

一方で、今回行った分析方法によってダウン症者の歩行動作を定量的に分析することが可能であることが示されたので、これを臨床的介入の効果測定に使用することが期待されよう。シンプルな2次元解析によっても、ダウン症者の歩行動作の特徴を示すことが可能であったということは、たとえば学校や施設、あるいは集中訓練会等の会場でも利用可能であることを意味している。今後、ダウン症者に対する臨床動作法の効果測定として定量的分析を用いた検討がなされることが求められよう。

謝 辞

本研究は平成23年度特別支援教育特別専攻科修士論文として提出された大庵樹里氏の論文を加筆修正したものである。大庵氏と研究に協力いただいた日本ダウン症協会熊本支部の皆様へ感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 平田正吾・奥住秀之・北島善夫・細瀬富夫・国分充(2010) 臨床型別に見た知的障害児のおぼん運び課題。東京学芸大学紀要総合教育科学系, 61, 301-308
- 2) 井上伸一・斉藤健治(2004) 歩行中の上肢の動きが歩行動作に及ぼす影響: 転倒予防の一助として。日本体育学会大会号, 55, 331
- 3) 上林宏文・池田由紀江(1988) ダウン症幼児における歩行動作の発達。心身障害学研究, 13 (1), 9-16

- 4) 菊池哲平 (2002) ダウン症乳幼児に対する運動発達援助の意義と留意点. リハビリテーション心理学研究, 30, 41-54.
- 5) 小田浩伸・北川忠彦・糸永和文 (1991) 障害児の姿勢に関する研究: 動作訓練を適用して. 特殊教育学研究, 29 (1), 1-12.
- 6) 岡田修一 (2007) “転倒予防とバリアフリー”を考える: 体力・運動機能の維持・向上の観点から. 神戸大学大学院人間発達環境学研究所研究紀要, 1, 143-150
- 7) 奥住秀之・國分充・平田正吾・田中敦士・葉石光一・牛山道雄・橋本真規・北島善夫 (2008) 知的障害者の歩行速度に関わる要因の検討. *Equilibrium Research*, 67 (3), 200-204
- 8) 鈴木美範・小嶋優加子・東城真由美・半澤直美 (2008) 運動の遅れを伴う精神発達遅滞児の歩行後の粗大運動発達経過と特徴. *理学療法学*, 603.
- 9) 田中新正 (1998) ダウン症児の動作発達 V: 歩行初期の歩行動作について動作訓練を行ったケース. 日本教育心理学会総会発表論文集, 33, 849-850.
- 10) 田中新正 (2002) 動作法からみたダウン症. 成瀬悟策 (編) 講座・臨床動作学 3 障害動作法. 学苑社, 109-133.
- 11) 豊村和真・柏木拓也 (1990) 精神遅滞児における歩行に関する一考察. 北星学園大学文学部北星論集, 27, 13-31
- 12) 豊村和真・能瀬真奈美 (2000) 知的障害児の歩行にみられる外見特徴に関する考察. 北星学園大学社会福祉学部北星論集, 37, 43-48
- 13) 上村善一・草野勝彦 (1981) ダウン症候群児童・生徒の日常生活における身体活動と心拍水準. *特殊教育学研究*, 19 (1), 21-27