

### 歩行分析の基礎

#### Basics for Gait Analysis

吉田ももこ, 太田裕治

Momoko YOSHIDA, Yuji OHTA

(お茶の水女子大学大学院 ライフサイエンス専攻)

#### 1. はじめに

動物が位置を移すための運動を移動またはロコモーション (locomotion) という。移動には這う、泳ぐ、飛び跳ねる、歩く、走るなど多くの様式があるが、ヒトが最も一般的に行う移動は歩行と走行である。歩行には全身の筋活動が何らかの形で関与している。また、歩行は常に重力に抗して立位姿勢を保持しながら全身を移動させるという複雑な動作でもある。しかも、随意的な運動要素以外に、様々な反射的要素、不随意的要素が多分に加わった精巧な動作である。

歩行についての人々の関心は古く、ギリシャ時代に Aristoteles が“動物の前進運動”の問題を扱っている。19世紀になって Weber 兄弟の歩行の機械的側面の研究、Carlet のキモグラフによる1歩の長さや持続時間の研究、Muybridge による走行中のウマの連続写真の撮影、Marey のトリの飛行の写真撮影などが行われ、写真技術の進歩と共に歩行のシネマトグラフによる研究も発展した。Braune, Fisher は足圧測定など歩行の力学的側面について研究を行った。19世紀後半以降、歩行分析の研究は歩行を連続した姿勢(構え)の変化として客観的に捕らえる方法の確立に始まり、現在で

は力学的解析, 歩行に關与する中枢神経機構の解明, 心理過程の研究が進められている。

このようにヒトの歩行機能に関する研究は単に医学・生理学・運動学のみならず、進化メカニズムの解明, 二足歩行機械の開発, 歩行計測システムの開発, 肢体不自由者の歩行障害の改善など, 様々な分野で行われてきた。本稿では歩行分析に際して使用される基本用語について主に解説する。

#### 2. 時間因子 (temporal factor)

- ①歩行周期 (gait cycle) : 踵接地から同脚側の踵接地までの経過時間。歩行周期は立脚期と遊脚期に分けられ, 各期はさらにいくつかの期に分けられる (Fig. 1).
- ②立脚期/立脚相 (stance phase) : 接床から離床までの間で足部が支持面と接している時間。更に以下の要素に分類される。

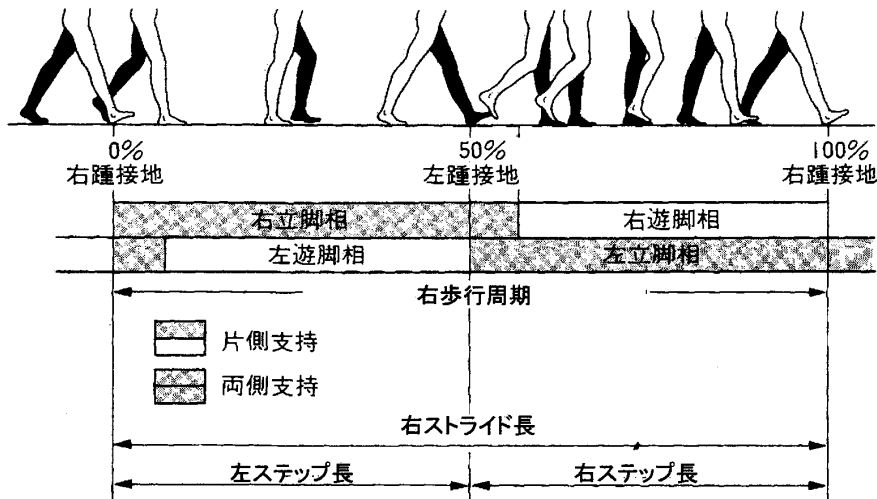


Fig. 1 Gait cycle<sup>1)</sup> (一部改編)

抑制期とは立脚期の前半で、遊脚期で失われた体幹の平衡を元に戻そうとする時期をさす。推進期とは立脚中期から後半であり、足指が床面を蹴り推進力を発する時期をさす。ヒトの自然歩行では、立脚期は歩行周期のうち約60%の時間を占めるとされる。また、踵接地0%を起点とすると、足底接地は15%、踵離地30%、爪先離地60%の時点で起こる。

③遊脚期/遊脚相 (swing phase) : 爪先離地から踵接地までの足部が支持面から離れている時間。以下の3要素からなる。自然歩行では遊脚期は歩行周期の40%にあたり遊脚期よりも立脚期の方が時間的に長い。

- i) 加速期 (acceleration) : 脚は体幹の後方
- ii) 遊脚中期 (mid swing) : 脚は体幹の直下
- iii) 減速期 (deceleration) : 脚は体幹前方に振出される

また、脚が床面に設置し体重を支持する際には、片脚で支持する単脚支持期 (single stance phase/ single support phase) と両脚で支持する両脚支持期 (double stance phase/ double support phase) の2種類がある。両脚支持期は立脚期と遊脚期の移動期にあたる。両脚支持期は歩行周期に10%ずつ2回みられ、合計20%になる。歩行が速くなると立脚期と両脚支持期の占める比率は減少し遊脚期の比率が増加する。

### 3. 距離因子 (distance factor)

距離因子とは足のつき方の空間的特徴量であり、Fig. 2に示す4要素がある。

①ストライド長 (stride length) : 足底接地位置から1周期後の同側の足底接地位置までの距離。

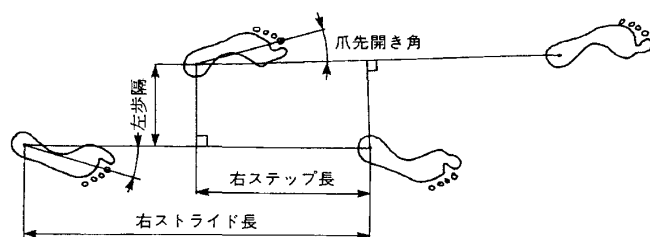


Fig. 2 Definition of distance factor<sup>2)</sup>

②ステップ長 (step length) : 対象脚の足底接地位置から、反対脚の足底接地位置を対象脚のストライド長の計測線上に投影した点までの距離。

③歩幅 (stride width) : ストライド長の計測線と反対脚足底との最短距離。

④爪先開き角 (foot angle) : ストライド長の計測線と足底の長軸との為す角度。外転 (外反) を正方向に取る。

なお、“歩幅”の用語はストライド長とステップ長の両方の意味で使用されることがあるために、明確に区別する必要がある場合には“1周期の歩幅”または“1歩の歩幅”のように表す。しかし単に“歩幅”といった場合はステップ長のことを指す場合が多い。ストライド長は身長が高いほど長く、この関係は速く歩く場合に著しい。自由速度歩行ではストライド長は平均して身長の80~90%、速い歩行では100~110%とされる。

### 4. 歩行速度 (gait speed)

臨床的な歩行速度の計測では、10 mの距離を定常歩行させ、それにかかる時間を計測し、次式に基づき算出する方法が一般的である。

$$\text{歩行速度(m/秒)} = 10(\text{m}) / \text{所要時間(秒)}$$

また、床反力計測時の歩行速度のように、数歩分の時間・距離因子から歩行速度を推定する場合には

$$\text{歩行速度(m/秒)} = \text{ストライド長(m)} / \text{歩行周期(秒)}$$

が用いられる。ただし、ストライド長の計測方向は必ずしも平均的進行方向と平行とは限らないので、ここでのストライド長は左右の平均を用いる。さらに複数歩のデータがある場合には、歩行周期も平均値を用いる。

### 参考文献

1. 中村隆一, 斎藤宏. 基礎運動学 第5版, 医歯薬出版, 2000.
2. 土屋和夫. 臨床歩行分析入門, 医歯薬出版, 1989.
3. マーク L. ラタッシュ. 運動神経生理学講義, 大修館書店, 2002.
4. Andriacchi TP, Alexander EJ. Studies of human locomotion: past, present and future. *J Biomech.* 33, 1217-1224, 2000.