

## 歩行時の足裏接地挙動と足裏圧力の片側荷重依存性

落石 祐樹\*, 権藤 浩\*, 藤崎 渉\*\*

### Characteristics of Foot Touch Process and Pressure of Foot Print Depending on Loading Position

Yuuki OCHIISHI, Hiroshi GONDOU and Wataru FUJISAKI

**Abstract:** In this study, to clarify some mechanisms of walking, following three main points were discussed. Firstly, features of foot print parameters were measured. Secondly, the foot touch process of flat, upward and downward walkings are investigated by a high speed camera. Thirdly, the relation between a pressure of foot and a loading position is investigated.

**Keywords:** Foot print type, Foot finger mode, Foot touch process, Pre-scale film, Stair

#### 1. 緒 言

人間の体の下半身には、全体の3分の2の筋肉が集り、それらに数多くの血管が付随する。運動によるこれらの筋肉の収縮によって、血液循環が促進される。そこで「足は第二の心臓」ともいわれている。最近ではウォーキングなどで足・靴への感心が高まって来ている。足の曲がり・踵の歪みは体のバランスを崩し、腰・膝・足首などに過度の負担をかけ障害を起こしやすくなる。

足の趾型には、第1趾～第3趾の長さがほぼ同じスクエア型、第2趾が一番長く全体的に細身タイプのギリシャ型、さらに第1趾が一番長く外反母趾になりやすいエジプト型の3パターンがある。また、足裏の全体の形は後述するI型～IV型に分類できる。趾型、足裏型ともに文献(1)に詳細を記している。

足裏型分類には、Fig.1に示すHライン・Nラインといった基準線をつかう。Hラインとは足の外側2点と

内側2点とを結んだ交点(Or,Ol)と第2趾の中心とを結んだ直線のことを言う。Nラインとは交点(Or, Ol)と小趾の中心とを結んだ直線のことを言う。ここで、

I型： Hラインを越えるような内側の土踏まずができていない状態である。

II型： Hラインを越えるような内側の土踏まずができていない状態である。

III型： 内側アーチによる土踏まずの形成だけでなく、外側からのアーチがNラインを越える。外側土踏まずも形成された状態である。

IV型： 内側、外側土踏まずのアーチの切れ込みが深く、両方のアーチが接触して足裏面が分離している状態である。

本研究では、まず足の趾型・足裏型と足裏の特徴について整理分類した。次に平地歩行、階段昇降時の足裏接地挙動について検討した。最後に荷物携帯の有無と持ち手の違いによる足裏圧力の特徴について考察した。

\* 機械工学科4年

\*\* 機械工学科

2. 足の趾型と足裏型の特徴

2.1 足の趾型と足裏型 調査した本学機械工学科男子学生77名(年齢20~21歳)中における足裏型と趾型の分類結果をTable.1に示す。I型は8名(10.4%)、II型は64名(83.1%)、III型は2名(2.6%)、IV型は3名(3.9%)であり、またスクエア型2名(2.6%)、ギリシャ型24名(31.2%)、エジプト型51名(66.2%)であった。

Table.1 Frequency of foot print mode and foot finger type

Mode Type \	I	II	III	IV	Total
Square	—	2	—	—	2
Greece	1	22	1	—	24
Egypt	7	40	1	3	51
Total	8	64	2	3	

2.2 足裏の諸因子 さらに、足裏の特徴について、詳細な因子A~Fを設定して調査した。対象は、本学機械工学科男子学生28名(年齢20~21歳)である。各因子のヒストグラムをFig.2に示す。

- A: 右足裏全体の角度(°)
- B: 左足裏全体の角度(°)
- C: 右足Nラインと外側の線との角度(°)
- D: 左足Nラインと外側の線との角度(°)
- E: 右足小指位置比  $C/A \times 100$  (%)
- F: 左足小指位置比  $D/B \times 100$  (%)

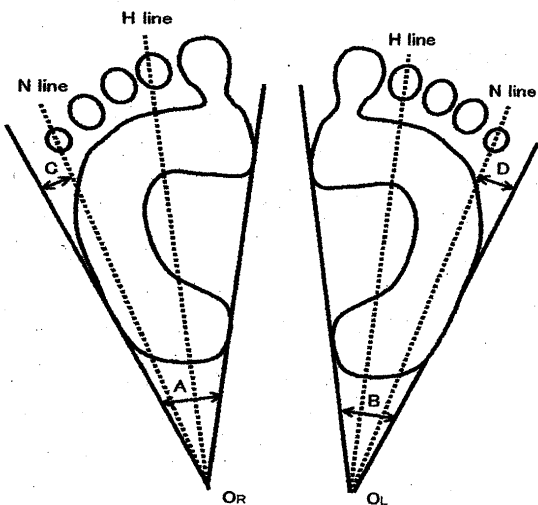


Fig.1 Parameters of foot print

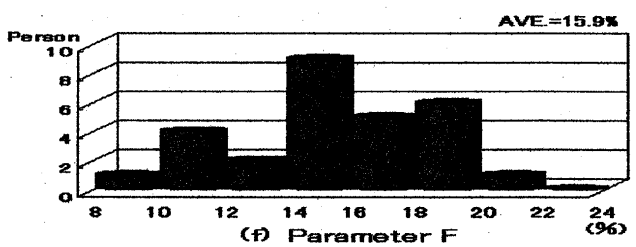
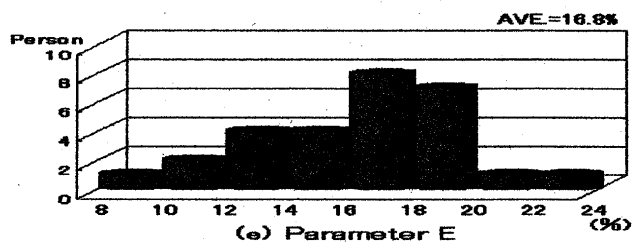
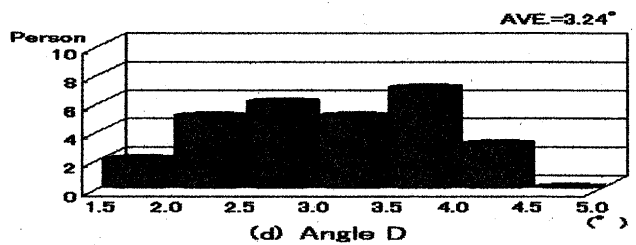
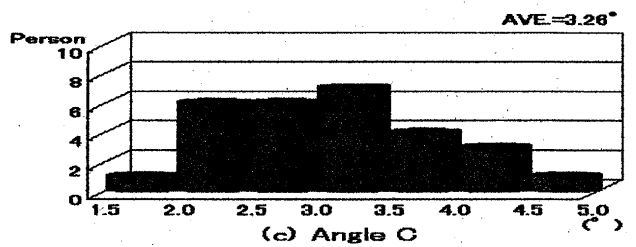
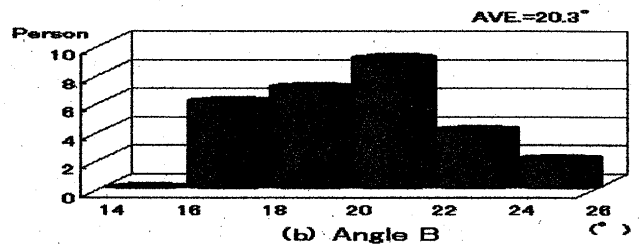
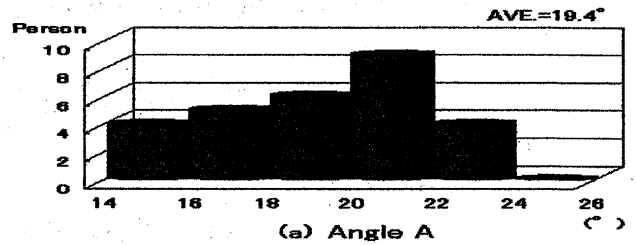
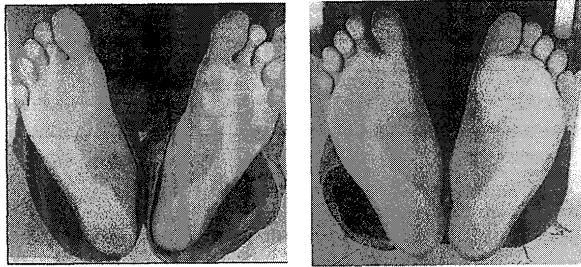


Fig.2 Histogram of foot print parameter A~F

今回調べた中で、特徴的な足裏の形を Fig.3 に示す。(a)は左足小指位置比 F が最も大きく、小趾が内側に入っており、いわゆる内反小趾に該当すると考えられる。

(b)は足裏全体角度 AB と角度 C が最も大きく、足幅が大きい一方、踵が小さい。  
(c)は土踏まずの発達したエジプト型・Ⅲ型で珍しく、さらに足裏全体角度 A が最も小さい。  
(d)は足裏全体角度 A が最も小さく、全体的に最も細身。



(a)Egypt type-Mode II (b)Greece type-Mode II



(c)Egypt type-Mode III (d)Greece type-Mode II

Fig.3 Foot finger type and foot print mode

### 3. 歩行時の足裏接地パターン

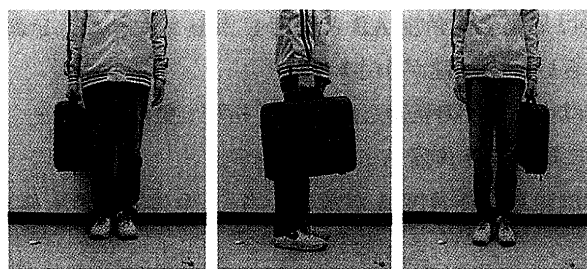
平地歩行、階段(モデルL;詳細は文献(2))昇降時の足裏の接地挙動の測定結果を Table.2 に示す。

ギリシャ型・Ⅱ型の平地歩行時の足裏の様子は、踵から着いて(表中のON)、つま先の方へ力が順に加わっていく。階段上りでは、平地歩行時とは逆につま先小趾側から着く。階段下りでは、階段上りと足裏の着き方は同じだが、上りに比べて勢いがあり瞬時である。

エジプト型・Ⅰ型の平地歩行時の足裏の様子は、ギリシャ型・Ⅱ型と足の着き方は同じだが、土踏まずがないため足裏全体に圧力がかかっている。階段上りでは、足の中心部分から着き、平地歩行時と同様に足裏全体に圧力がかかっている。階段下りでは、つま先小趾側から着く。

Table.2 Foot touch process of flat, upward, downward walking

	Flat Walking	Upward Walking	Downward Walking
Greece Mode II	ON: Heel→5,1-4	ON: 5,1-4→Heel	ON: Toe 1-5→ Heel (At a time)
	OFF: Heel→5,1-4	OFF: Heel→5,1-4	OFF: Heel→5,1-4
Egypt Mode I	ON: Heel→5,1-4	ON: Middle→5,1-4	ON: Toe 5→1→Heel
	OFF: Heel→5,1-4	OFF: Heel→5,1-4	OFF: Heel→5,1-4



(a)Right-1 (b)Right-2 (c)Left

Fig.4 Loading type

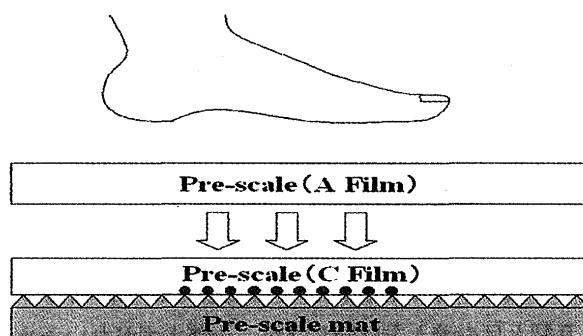


Fig.5 Pre-scale film and mat

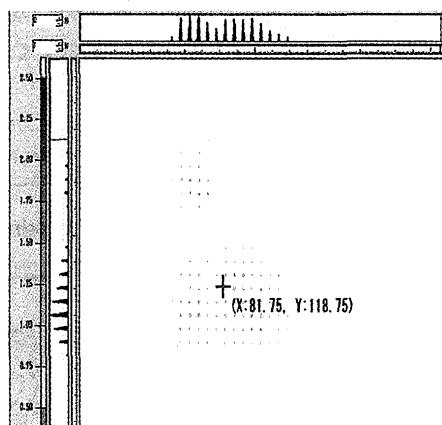


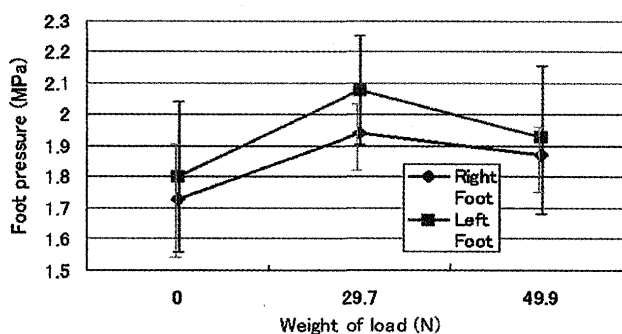
Fig.6 Foot pressure analysis

(Load 4.99N, Right Foot, Left loading)

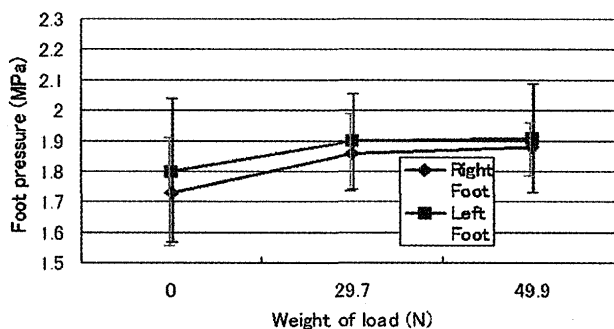
#### 4. プレスケールを利用した足圧測定

**4.1 実験条件と測定条件** 平地歩行時に手荷物の重量による(0, 29.7, 49.9 N)足裏にかかる圧力の違いや、手荷物の持ち手と足裏圧の関係を調べた(Fig.4)。被験者の足趾はギリシャ型、足裏はII型、身長1.71 m、体重588 Nである。同一条件を8回繰り返し測定し、その平均値をデータとして整理した。

圧力測定用のプレスケールはAフィルムとCフィルムの2種類から構成されている(Fig.5)。Aフィルムには発色材が、Cフィルムには顕色材が塗布されている。



(a)Right loading



(b)Left loading

Fig.7 Results of foot pressure with a load

平地にプレスケールマットと2種類のフィルムを置き、歩行時に圧力がかかることで赤色点状マークが現れる。この赤色点状マークをプレスケール圧力画像解析システム(富士フィルム製 FPD-921)で読み取り、足裏圧力の状態をデータ分析した。Fig.6に、その一例を示す。

**4.2 測定結果** Fig.7(a)に荷物を右手持ちの結果を、Fig.7(b)に左手持ちの結果を示す。図中の上下区間は標準偏差を表している。荷物を持つことにより、両足とも圧力が大きくなっていることが分かる。次に左右の圧力の違いに関しては、被験者の軸足である左足の方がすべてのケースにおいて圧力が大きくなった。ここで特徴的なことは、右手持ちの場合に29.7 Nの荷重で左軸足に最も大きな圧力が生じることである。0と29.7 N間の有意水準は $P < 0.05$ 、また29.7 Nと49.9 N間は $P < 0.10$ 。これは荷物と軸足との距離に原因があるものと考えられる。

#### 参考文献

- (1) 占部, 荒木, 藤崎, 九州産業大学工学部研究報告 第42号, pp. 21-26, 2006.
- (2) 松重, 西原, 緒方, 藤崎, 九州産業大学工学部研究報告 第40号, pp. 33-36, 2004.