

接地足蹠ならびに足弓窿の発育変化 に関する追跡的研究

大阪教育大学	山田耕司
(共同研究者) 同	根本芳男
福井大学	吉澤正尹
大阪教育大学	三村寛一
大阪市教育委員会	飯田順一

A Follow up Study on Growth and Development of Foot Sole Contact Surface and the Longitudinal Arch of Foot Skelton

by

Koji Yamada, Yoshio Nemoto, Kan-i-chi Mimura

Osaka Kyoiku University

Masatada Yoshizawa

Fukui University

Jun-i-chi Iida

Osaka City Department of Education

ABSTRACT

Seventy eight infants and children aged from 2 to 7 years and 5 adults included as a control group were investigated to clarify the characteristics of foot growth and to define the relationship between the shape of foot sole contact surface and the structure of foot skelton. Photographs of foot sole contact surface and the structure of foot skelton were taken for both feet, using a pedoscope and X-ray photographs respectively.

1. The contact surface and the noncontact and relative noncontact area all increased with age, and for the relative noncontact area it nearly reached the adult's average at age 7. No significant correlation was found between age and inclination angle of Os metatarsale V, Calcaneus and

Talus contact point.

2. Pursuing the growth of the foot sole contact surface for one year the contact and noncontact area increased significantly, but the growth of the relative noncontact area was somewhat slight, though significant. From these results it may be suggested that the longitudinal arch of the fundamental structure of foot skeleton for these ages were nearly as large as that of the adult's.

3. The relative noncontact area and the inclination angle decreased after working. Viewing the foot sole contact surface, two types were found, one with small contact surface and small inclination angle and the other with small contact surface and large inclination angle similar to the adult's.

4. From these results it can be suggested that the development of the relative noncontact area should be differentiated from that of the longitudinal arch in considering growth of the foot, and it should be considered not only the shape of the foot sole contact surface, but also the structure of foot skeleton.

1. はじめに

ヒトの接地足跡における足部のアーチは、平面的にはいわゆる“土ふまず”としてとらえられ、また、アーチ保持機構については、構造学的、筋生理学的見地から多くの研究がみとめられるが、接地足跡と骨構造との関係を、発育発達の立場から報告されたものは、まだみあたらない。

そこで、本研究においては、同一被験者のX線像ならびに、ピドスコープ (Pedoscope) による接地足跡を追跡記録し、幼児・児童の土ふまずの形成過程を、その基定となる骨構造との関係からとらえると同時に、接地足跡面積の変化に關与する要因についての検討をこころみた。

2. 研究方法

1) 被験者:

大阪市内のA小学校生徒、B幼稚園、箕面市内のC保育園園児で、2歳~10歳の男子48名、女子

30名計78名を対象とした。また、比較資料を得るため成人5名を加えた。

2) 実験手順

① 実験1 昭和56年8月から9月にかけてX線ならびに、ピドスコープを用いて接地足跡の写真撮影を行なった。

② 実験2 被験者のうち、昭和56年8月の林間合宿参加者10名を対象にし、朝の起床直後ならびに、一日の野外での活動を終了した夕方の2回、X線および接地足跡の写真撮影を行なった。

③ 実験3 実験1の対象となった被験者に対し、1年後の昭和57年8月から9月にかけて、実験1と同様の方法で撮影記録した。

3) 接地足跡面積の計測

接地足跡は、ピドスコープで撮影した接地足跡像より、実物大の足跡印画を焼きつけし、プラニメータによって足指部ならびに足底部の面積をそれぞれ計測し、その合計を接地足跡面積とした。なお、各面積の計測はそれぞれ3回行ない、その

平均値をとった。また、土ふまず比 (Noncontact area %) は、根本¹¹⁾ による次式によって算出した。

$$\text{土ふまず比(\%)} = \frac{\text{土ふまず面積}}{\text{接地足跡面積} + \text{土ふまず面積}} \times 100$$

4) X線による足弓隆の記録とその測定

足部のX線写真は、平和電子工業製の携帯用超小型X線装置 Microx H44 を用い、被験者を両

足に体重を均等にかけた楽な姿勢で立たせ、左右ともそれぞれ外側から直接撮影を行なった。なお、測定にあたっては、保護者の了解を得た上で、医師立ち会いのもとに、レントゲン技師が撮影を行なった。

特に、不必要な被曝線量を少なくするために、図1に示したように、足部のみが照射される島津

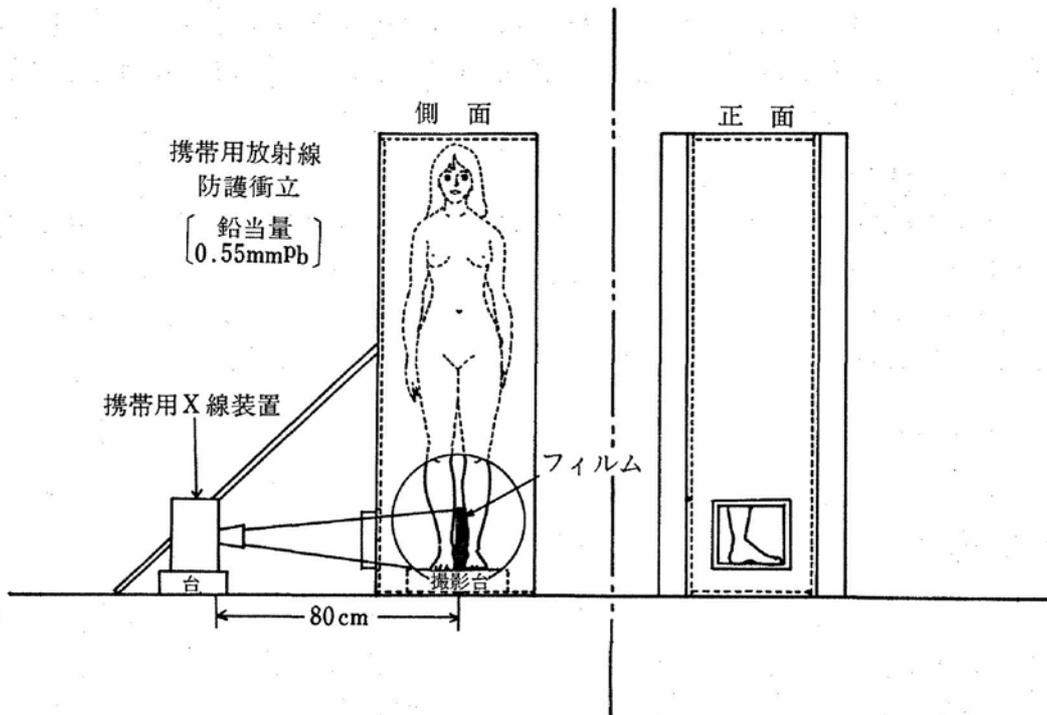


図1 X線防護壁装置

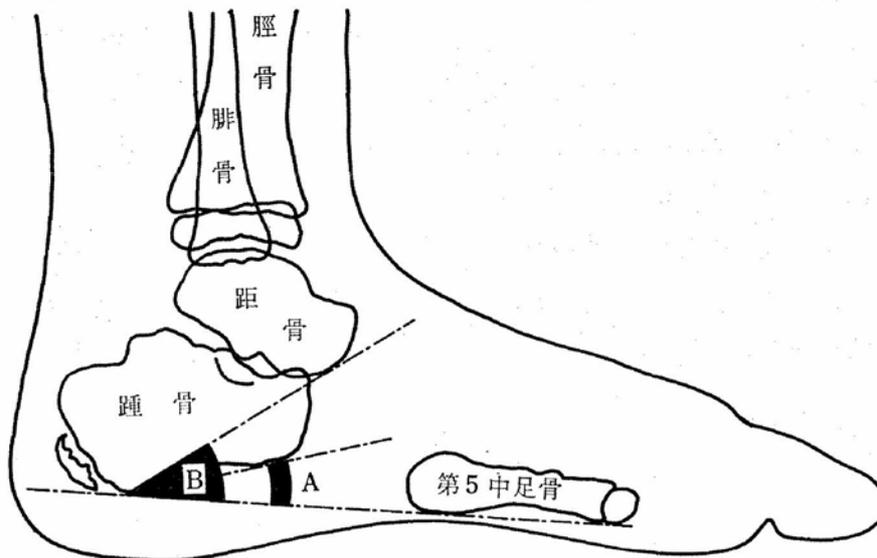
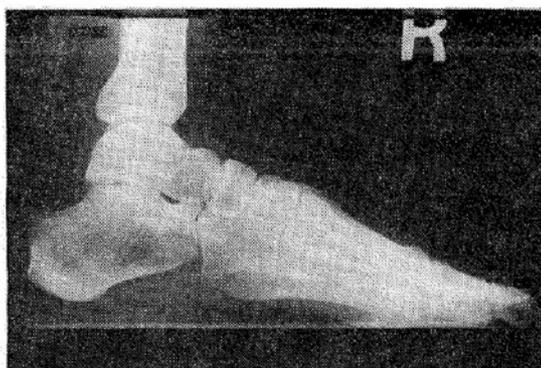
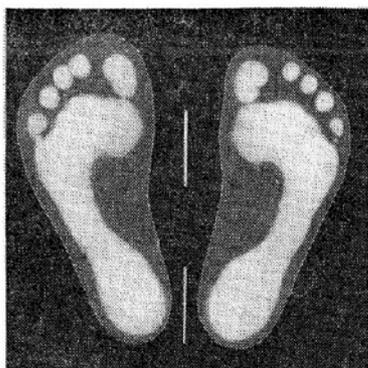
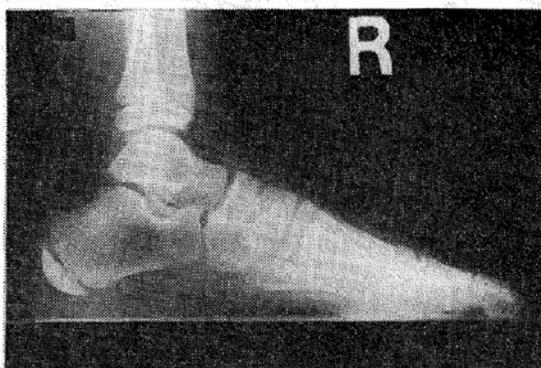
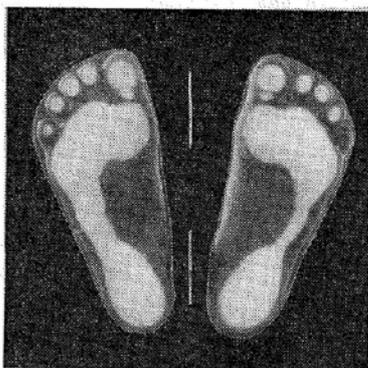


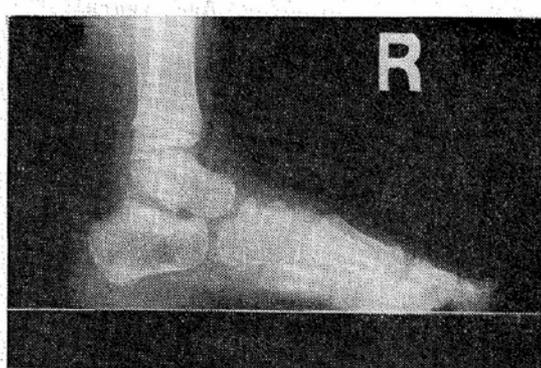
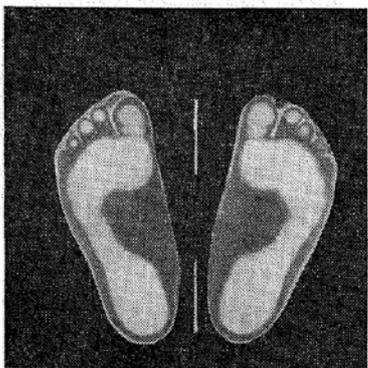
図2 X線写真による、第5中足骨・踵骨・距骨の接線とのなす角度AおよびB



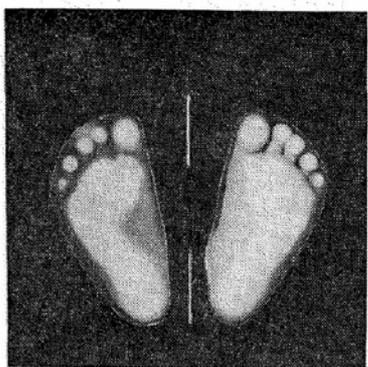
A.O.
20歳5ヶ月
♀



N.H.
8歳7ヶ月
♀



U.N.
5歳6ヶ月
♀



A.O.
2歳6ヶ月
♀

図3 接地足跡および足弓隆の年齢変化

製作所特製の防護壁を設置した。計測を行なった。

X線像を図2に示したように、踵骨、距骨、第5中足骨の接線とのなす角をそれぞれA、Bとし

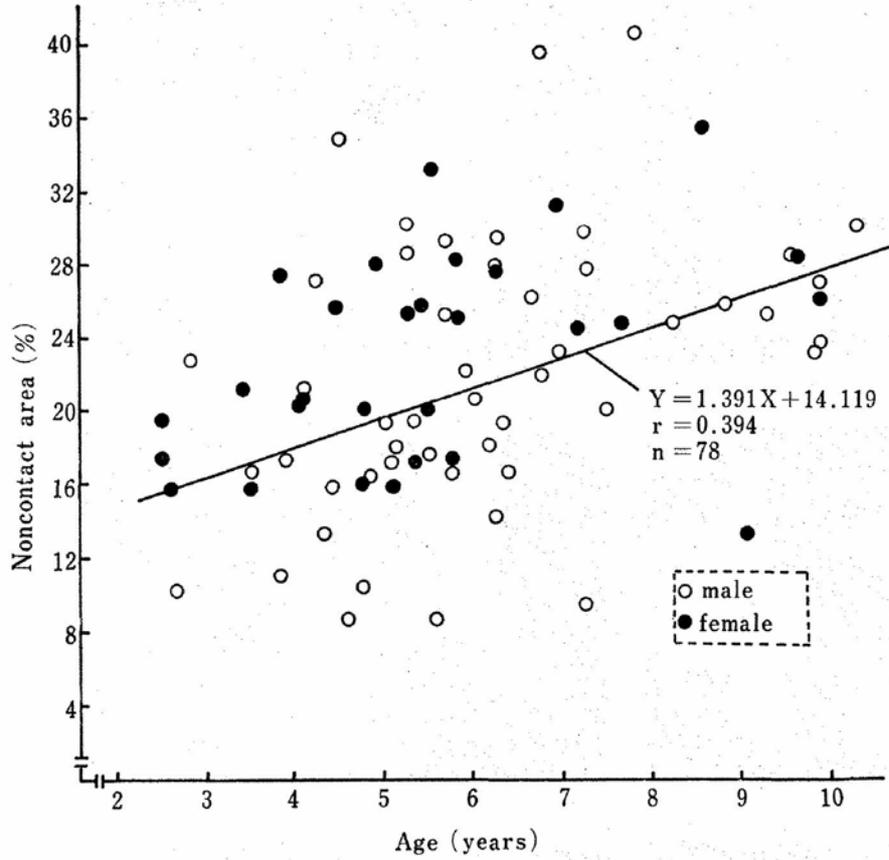


図4 土ふまず比の年齢変化

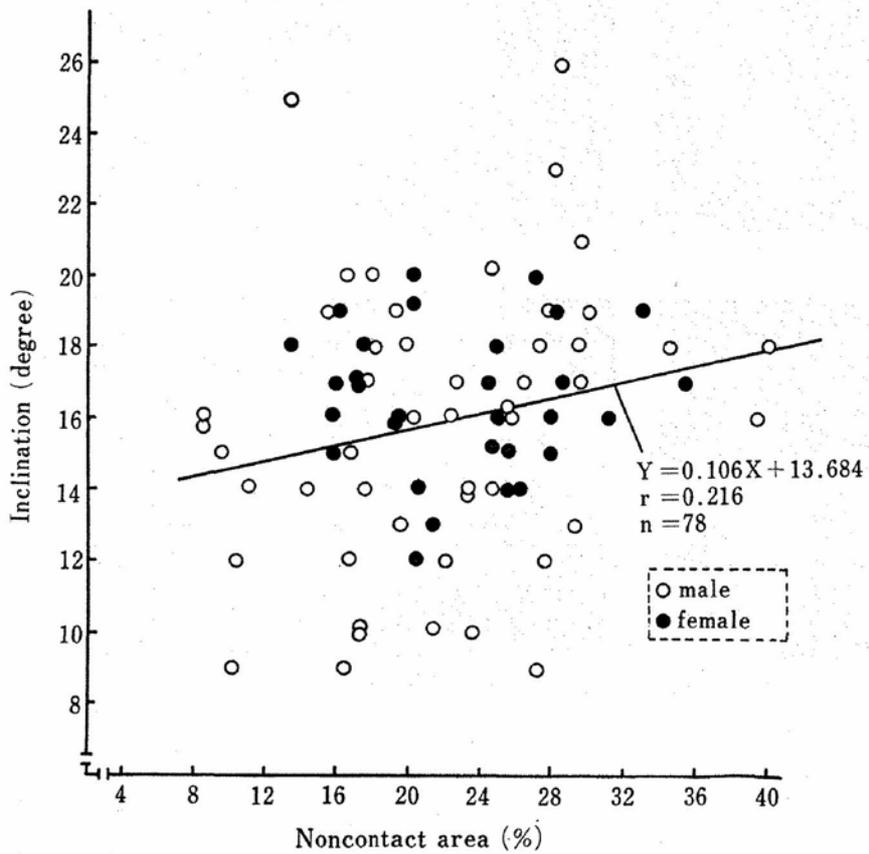


図5 土ふまず比と踵骨の傾斜角度Aとの関係

3. 結 果

1) 加齢にともなう接地足跡および足弓隆の年齢的特徴について

図3は、接地足跡ならびに同一被験者のX線像の代表例を、それぞれ左右に示したものである。

図からみられるように、2歳の被験者から20歳の被験者に進むにしたがって、足長、足跡面積、土ふまず面積ともに大きくなっていくことがわかる。

土ふまず面積を足長、足跡の大小に関係なく比較するために、土ふまず比を算出し、年齢との関係で示したものが図4である。

両者の関係を見ると、6歳未満ではそのばらつきが大きく、特に20%以下の土ふまず比を示す者が多くみられたが、7歳以降では数名を除き20%以上の値を示し、有意な相関がみられた。

また、各年齢における性差に有意な関係はみられなかった。

図3のX線像から足骨の化骨についてみると、2歳で踵骨・距骨・第1第3楔状骨・立方骨・中足骨の化骨がみられ、5歳で舟状骨・第2楔状骨の化骨がみられ8歳でほぼ成人並みに化骨してゆくことがわかる。しかし、これらの足骨の化骨にはかなり大きな個人差がみとめられた。また、7歳から9歳にかけては、図3に示した8歳児の踵骨にみられるような、骨端の形成において特に顕著な個人差がみられた。

図5は、土ふまず比と踵骨の傾斜を示す角度Aの関係についてみたものである。土ふまず比が20%以下を示すものの中にも、角度Aからみるとすでに成人並みの値を示すものがかなりみられたが、両者の間には有意な相関はみられなかった。

2) 同一被験者の追跡による1年間の接地足跡および足弓隆の変化

図6は、1年間の接地足跡ならびに足弓隆の変化の代表例を示したものである。この図からもみ

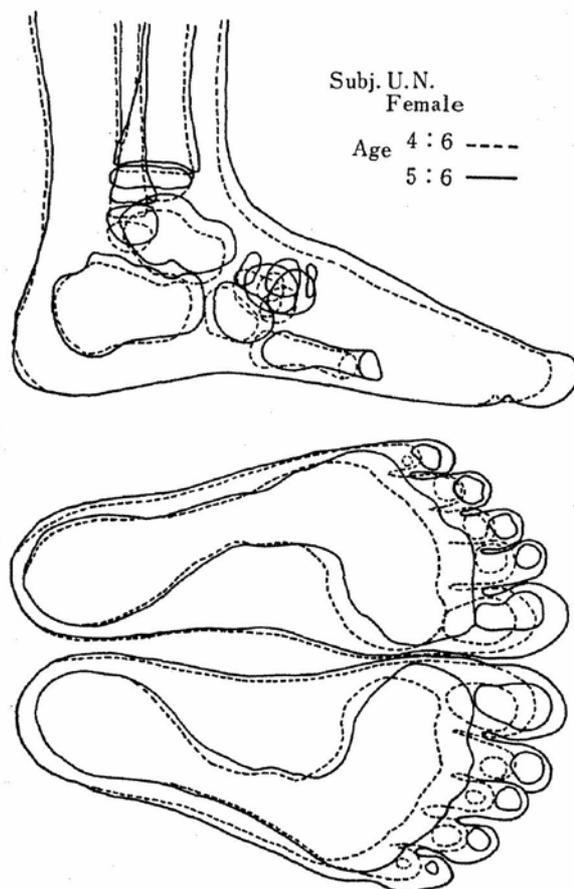


図6 同一被験者による1年間の足弓隆および接地足跡の変化

られるように、1年間で接地足跡面積および土ふまず面積が、増加していることがわかる。特に、足底前部の発育が顕著にあらわれた。また、骨構造からみると、足弓隆の形成に深く関わる踵骨・距骨・舟状骨・楔状骨・立方骨・中足骨も増大し、特に、距骨が接床面からみるとかなり高まっていることがわかる。

しかし図7に示したように、土ふまず比については、必ずしも増加する傾向はみられなかった。

また、図8にみられるように、角度Aの変化についても土ふまず比と同様に、必ずしも増加する傾向がみられなかった。

3) 運動負荷による接地足跡および足弓隆の変化

図9は、運動負荷前後（朝夕）における接地足跡および足弓隆の変化についてみたものである。

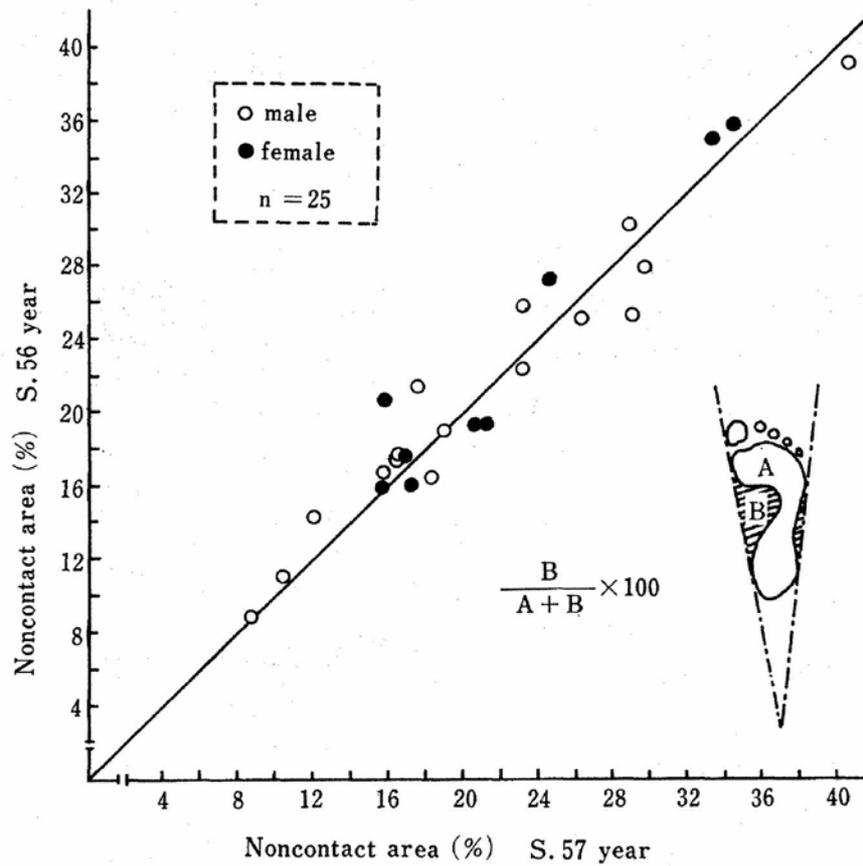


図7 同一被験者による1年間の土ふまず比の変化

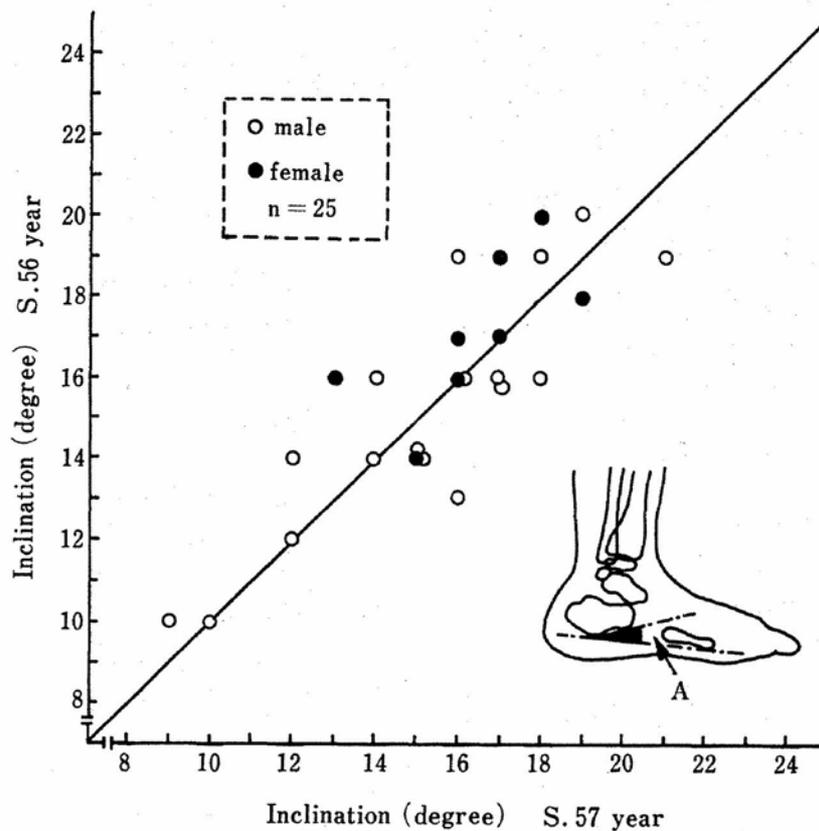


図8 同一被験者による1年間の踵骨の傾斜角度Aの変化

図からみられるように、足蹠面積は、朝より夕方が増大し、逆に土ふまず面積は小さくなっていることがわかる。

図10は、土ふまず比の運動負荷前後における変化についてみたもので、それによると、負荷後において平均で3.9%の減少がみられた。

また、骨構造の面からみた負荷前後における足弓窿の変化では踵骨・距骨・舟状骨・楔状骨・立方骨・中足骨などがいずれも変位し、特に距骨が著しく前傾する傾向がみられた。

この距骨に関係する角度Bの運動負荷前後の変化についてみたものが、図11であるが、負荷後は、角度Bが減少する傾向がみられ、平均で2.0度と踵骨の変化に比べて距骨の変化が大であった。

なお、土ふまず比、角度Aのいずれも、年齢における性差はみることができなかった。

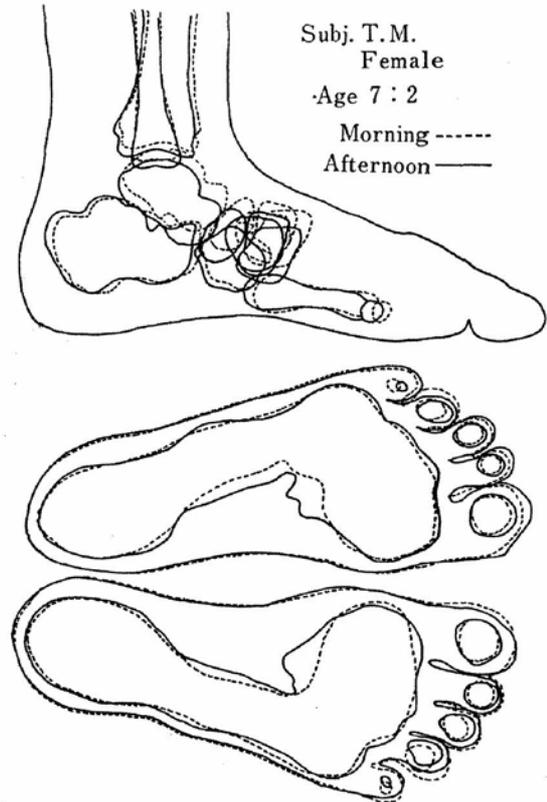


図9 運動負荷前後（朝夕）における足弓窿および接地足蹠の変化

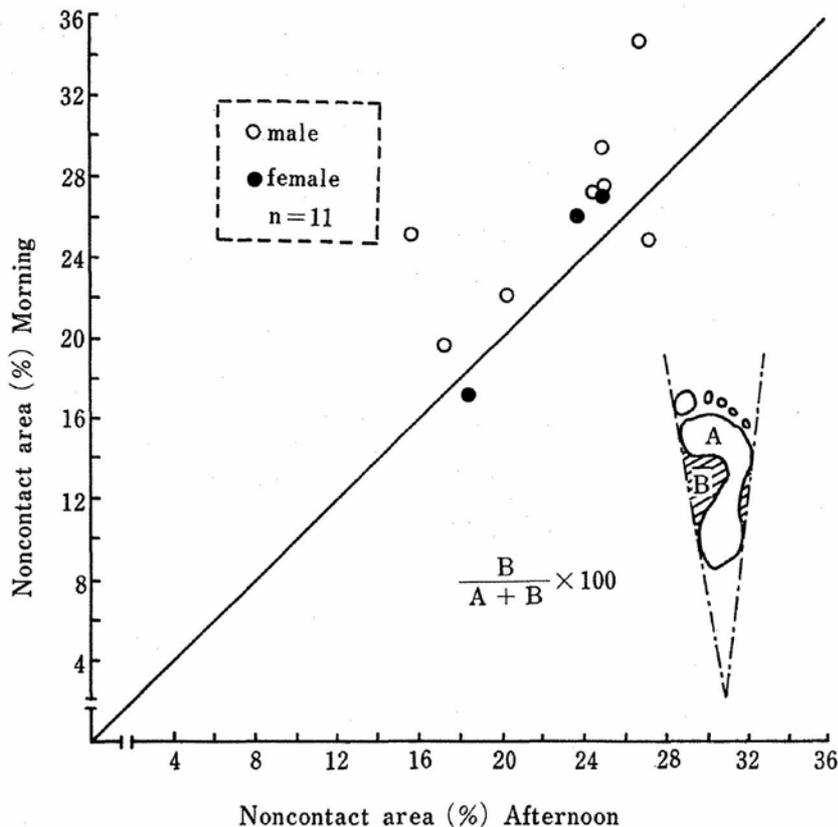


図10 運動負荷前後（朝夕）における土ふまず比の変化

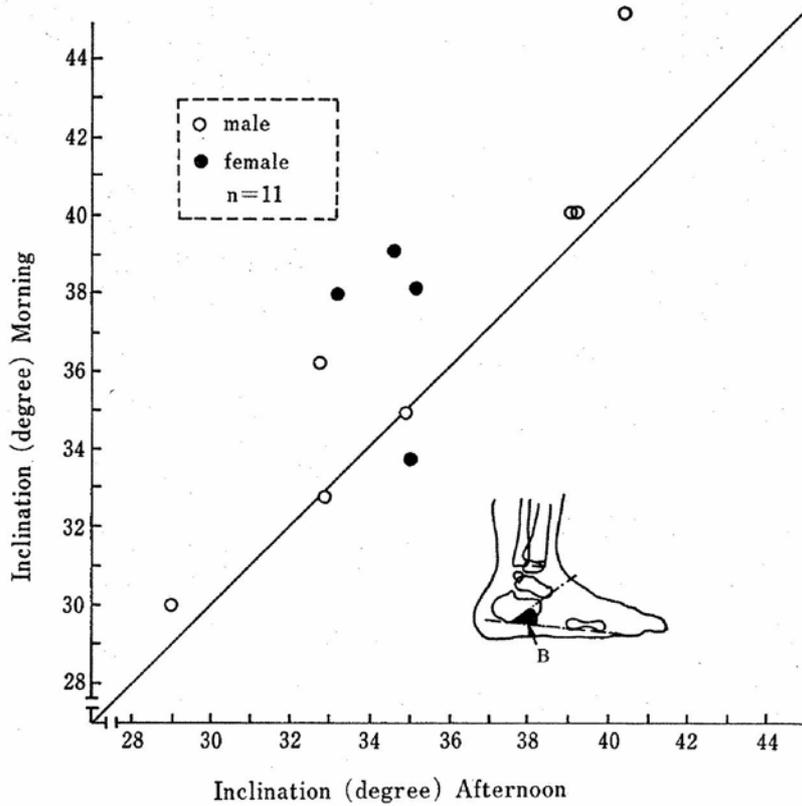


図11 運動負荷前後（朝夕）における距骨の傾斜角度Bの変化

4. 考 察

従来、接地足跡の採取は、墨汁やアルミ粉末、コスラ鉄粉を用いた足圧痕法によっておこなわれてきた。これらは足底への墨汁の塗付量や実施法など、足底の脂肪や筋肉の発達状態が、測定結果に影響することが指摘されてきたが、平澤のピドスコープ開発¹⁾によって、従来の足圧痕法よりも正確な接地足跡の計測が可能となったことから、われわれはこのピドスコープを使用することとした。

根本^{8~11)}の接地足跡面積に関する一連の研究、および幼児の接地足跡発達変化に関する追跡研究の結果からみると、接地足跡面積は左足が大であり、土ふまずの形成は二足歩行開始後に始まり、3歳から4歳にかけて著しく、5歳から6歳でほぼ成人の形に近づき、その形成過程において、左足先行型の多いことがすでに明らかとなっている。

る。

また、幼児の接地足跡発達変化と運動能力に関する研究結果（根本、吉澤¹²⁾）では、同年齢であっても、接地足跡未発達児は、全身反応、立幅とび、片足立ちなどの項目において劣っていることが明らかとなり、これらの点については、教育的な面からもとらえておく必要がある。

しかし、本実験の結果からみると、横断的にみても、加齢とともに土ふまず比は、従来の結果と同様に増加する傾向がみられたが、1年間の追跡においては、必ずしも増加するとは言えなかった。

これは、接地足跡面積、土ふまず面積がともに増加したが、接地足跡面積の増加ほど、土ふまず面積の増加がみられなかったことになる。土ふまず比の変化に影響する要因としては、発達発達・日差変動・季節の変化などが考えられるが、本研究の対象となった被験者の年齢から考えると発達

発達の影響をもっとも強く受けるものと考えられるが、2歳～10歳と年齢の開きが大きいので、今回のような結果が得られたのではないかと考えられる。なお、これらの影響要因については、今後更に断続的に追跡検討してゆくことが必要である。

土ふまずは、骨・関節・靭帯および筋の要素が巧みに組み合わされて構成されており、足が体重を支えてその力を地面に伝達するとき、足の構造に弾力性を与える Shock absorber や、歩行時地面の凸凹に足底を適合させる役目をになっている。また、この足弓隆は、踵骨・距骨・舟状骨第1(2, 3)楔状骨・第1(2, 3)中足骨・立方骨から成りたっている。

従来、骨構造から足弓隆の形成をとらえる方法は、扁平足の判定に用いられている。その判定方法には、横倉のX線像から足弓隆全体を総合的に評価する方法⁴⁾、Bragardの舟状骨の中心の高さを計測する方法⁴⁾、角田の触察により舟状骨の中央を定めBragard法を適用する方法¹⁵⁾、小山らの第1中足骨の傾斜角度からみる方法³⁾などがある。

しかし、幼児においては化骨が完成しておらず、前述のような方法を採用することはできずと判断し、本研究では、舟状骨より早期に化骨のみられる距骨・踵骨の位置に関係する角AおよびBを指標とした。

その結果、角度A、Bと年齢の間に有意な関係がみられなかったことは、踵骨・距骨・舟状骨・楔状骨・中足骨・立方骨が、出生前後から4歳～5歳で化骨する(杉浦¹³⁾)ことによると考えられ、幼児の時期に足弓隆を構成する基本的な骨構造が、ほぼ形成されているという鶴見¹⁶⁾、中野⁷⁾の結果と一致するものである。

一方、運動負荷前後における足骨の変位については、中村⁶⁾らが指摘するように、安静立位時には、一方の足に加重された50%の力は、直接距骨にまず加わり、その力は更に踵骨に25%、母指の2つ

の種子骨、第2～5中足骨頭などに残りの25%が分散されることを考えると、距骨・踵骨の順に変位の大きいことは当然のことと考えられる。この変位の主たる原因としては、これら足骨を支える筋肉群の疲労によることが考えられる¹⁴⁾。

また、接地足趾からみて、土ふまずの少ないいわゆる扁平足とみられる者でも、X線像の骨構造からみると、土ふまずの形成された、成人に近い角度を示す場合もあることから考え、土ふまずの形成と足弓隆のそれとは、区別して扱う必要があり、平面的なとらえ方だけでなく、骨構造とのかかわりあいからも観察していくことが、いわゆる扁平足の矯正指導を行なう場合の、基礎資料を得る上でも重要なことであることが明らかとなった。

5. ま と め

ヒトの土ふまずの形成過程を、接地足趾と骨構造の関係からとらえるために、幼児・児童78名(2歳～10歳)ならびに成人5名について、ピドスコープおよびX線撮影を行ない、これらの写真から、接地足趾と足弓隆の関係を検討した。

1) 接地足趾面積、土ふまず面積、土ふまず比は、いずれも加齢にともなって増加し、土ふまず比からみると、7歳でほぼ成人の示す平均値に近づいた。

また、足弓隆の形成を中足骨と踵骨・距骨の接点でなす角度からみると、加齢による有意な差は認められなかった。

2) 1年間の追跡からみると、足趾面積、土ふまず面積は増加したが、土ふまず比からみると、必ずしも増加する傾向はみられなかった。また、足弓隆の形成の指標とした距骨・踵骨に関する角度も増加の傾向がみられなかった。これは1)の結果と合わせて骨構造の面からみると、足弓隆に必要な基本的骨構造が、かなり早い時期にほぼ形成されているものと考えられる。

3) 運動負荷における土ふまず比の変化については、運動後に有意に減少する傾向がみられ、足弓隆の形成の指標とした角度も減少する傾向が認められた。

4) 接地足跡からみて、いわゆる扁平足とみられる者の中でも、骨構造の面からは、成人並の足弓隆が形成されている場合もあり、今後平面的にとらえるだけでなく、運動学ならびに教育学的な立場からも、骨構造とのかかわりでもとらえていく必要があることが明らかとなった。

文 献

- 1) 平澤彌一郎；足のうらをはかる，ポプラ社，P72 (1978)
- 2) 金子丑之助；日本人体解剖学，南山堂，P246—251 (1969)
- 3) 小山吉明ほか；幼児の足の形態発育について，体育学研究，第26巻 第4号 (1982)
- 4) 水野祥太郎；荷重と足骨格構造，扁平足判定法の一批判，日整会誌，15：715—730 (1941)
- 5) 森於菟ほか；解剖学，金原出版株式会社，P255—261 (1975)
- 6) 中村隆一，斎藤宏；基礎運動学，医歯薬出版株式会社，P195—215 (1976)
- 7) 中野俊郎；支持機構としての足部の研究，胎児と成人との比較，日整会誌，47-7：559—579 (1973)
- 8) 根本芳男；日本人の接地足跡面積に関する研究，体育学研究，第8巻 第1号 (1963)
- 9) 根本芳男；大阪学芸大学紀要，第12号 (1964)
- 10) 根本芳男；幼児の接地足跡面積に関する研究，体育学研究，第9巻 第1号 (1964)
- 11) 根本芳男；幼児の接地足跡発育変化に関する研究，体育学研究，第11巻 第2号 (1966)
- 12) 根本芳男，吉沢正尹；幼児の接地足跡発育変化と運動能力に関する研究，常磐会短期大学紀要 (1969)
- 13) 杉浦保夫，中沢修；骨年齢—骨格発育のX線診断—，P120—137 (1968)
- 14) Suzuki R.; Function of the Leg and Foot Muscles from the Viewpoint of the Electromyogram *J. Jap. Orthop. Surg. Soc.*: 30, 6 (1956)
- 15) 角田真一；足弓隆計測に就て，全医解業績，2：34—42 (1928)
- 16) 鶴見信之；小児歩行の筋電図学的研究，日整会誌，43：611—628 (1969)