

令和元年度 博士前期課程 修士論文

伸縮性素材を活用した子供靴デザインの試み

作品「NoviNovi Kid's Shoe」及び研究報告書

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 博士前期課程
(プロダクトデザイン領域)

201621563

姜 周賢

目次

I. 序論

1. 研究の背景	4
2. 研究の意義	5
3. 研究目的	6
4. 研究方法	6

II. 本論

1. 探索	
1-1 足の役割	8
1-2 歩行	9
1-3 子供靴の条件	11
1-4 子供靴の特徴	11
1-5 既製品のサイズ	12
1-6 コンセプトの提案	14
2. 既製品の比較分析	
2-1 スキンシューズ	15
2-2 アクアソックス	19
2-3 フライニット	23
2-4 スピードトレーナー	27
2-5 まとめ	31

3. 子供靴の製作	
3-1 素材	32
3-2 靴型デザイン	39
3-3 スケッチ提示	41
3-4 パターンの製作	42
3-5 部品の設定	44
3-6 完成デザイン	46
3-7 開発品の固有な特徴	49
3-8 子供靴の条件に対する検討	52
3-9 開発品のメリット&デメリット	53
4. 歩行実験比較解析	
4-1 実験対象	54
4-2 実験方法	55
4-3 分析方法	60
4-4 実験結果	63
4-5 考察	73
III. 結論	74
* 参考文献	76
* あとがき	80

I. 序論

1. 研究の背景

大韓民国国民健康保険公団の足に関する調査結果¹では、一般成人の75%に1個以上の足の変形が発見され、12歳未満の子供の場合も、55%に足の変形が、既に進行した状態で現れたと報告された。足の変形の原因としては、先天的な奇形または、後天的な原因がある。後天的な原因には、ジャンプや無理な運動中に発生する足関節にストレス、外傷による変形などがある。また、靴による変形も多く見られるが、ハイヒールやトーシューズの着用によって足に局部圧迫が加わるため、足の変形が発生する場合や硬いアウトソールによる Toe In となる場合などがある。また、Moonの研究²にも、靴を着用して主に生活している5歳～65歳の356人の中で、80%が靴を着用している間に足の痛みがあり、76%に足の変形が発見され、その中で88%が本人の足幅よりも平均1.2cm幅が狭い靴を着用していたと示した。さらに、足のサイズよりも小さい靴の着用は、負荷が前足部と足指に集中されるため、前足部の変形が多いとみられた。

本研究では、靴による足の変形の中で、子供靴の着用でも足の成長のため、タイトな靴の着用時期が発生するという特徴であり、特に4～10歳には足の成長よりも体重の増加が早く進行する時期のため、足に加わる負荷も急速に増加する特徴に注目して、研究を始めた。

Coughlinの研究³によると、成長期に前足部と足指に圧迫が加わる歩行の習慣化している場合は、第1指骨である拇指が外側に偏向される外反拇指を誘発する可能性が高い。その他にも Hammer Toe と Claw Toe などの足指の変形と横アーチの崩壊をして発生するモートン神経種も、足のサイズよりもタイトな靴の着用が主な原因となると報告した。

¹ 韓国人の健康実態, 国民健康保険 Webzine, 大韓民国国民健康保険公団, 12-14, 2015

² Eunmi Moon, Foot discomfort by foot shape, gait and shoe wearing characteristic, Journal of Korean Fashion Business, 21(3), 145-150, 2017

³ Coughlin MJ, Hallux valgus. Causes, evaluation and treatment, Postgrad Med, 75(1), 174-187, 1984

このようにタイトな靴の着用によって発生する変形の対策方法としては、手術以外に Metatarsal Pad を挿入して負荷から足を保護する方法や、補助器またはテープで足指の位置を固定して偏向されないようにする方法などがある。しかし、実際にこの対策はもう変形が発生した後に行う場合が普通であるため、何よりもタイトな靴の着用を回避して足が圧迫されない状態を維持することが重要である。特に、外反拇指のような足の変形は、靴を着用する社会では例外なく発生する疾患で、靴を着用する群とそうでない群を比較した研究では、外反拇指の頻度が靴を履く群では 15 倍も高いと調査結果⁴がある。

一方、裸足歩行は足に加わる圧迫がない状態の歩行であるため、圧迫による足の変形を回避できる歩行だと考えた。実際にマーケットにも流線型アウトソールのワーキングシューズや足の変形がほとんどないマサイ族の裸足歩行がデザインのモチーフとなった靴の発売もある。しかし、これらのワーキング専用靴は主に成人靴であり、足の変形は予防が重要であるため、成長期に足の変形を回避できる裸足歩行のような歩行が可能な子供靴も必要であると考えた。ただ、子供は足が絶えず成長するため、新たなデザインの開発を試みるた。

2. 研究の意義

成人は足の形成が完了しているため、本人の足のサイズと形態を正確に把握して適切な靴を着用すれば、靴から加わる圧迫による足の変形の予防が可能である。一方、子供の足は成長するため、新たに大きいサイズの靴に交換しなければ、靴から加わる圧迫による足の変形が生じる時期が、成人よりも長く・周期的に繰り返す。特に、足の変形は一旦進行したら回復しにくい特徴があるため、予防が何よりも重要である。したがって、変形が進行する前に予防効果を期待できるように、足の成長が完了する前に着用する子供靴の開発をする、ということにこの研究の意義がある。

デザイナーとして活動する当時、実際の消費者である 30～40 代の母親はハ

⁴ Hallux valgus report, Foot and ankle surgery, American foot care institute, 55-56, 2008

イヒールやタイトな靴の着用による足の変形を多く経験するため、子供の足に関する関心が高かった。足の変形がない状態で成長してほしい消費者のニーズが大きいと感じ、子供の足の変形が防止可能な子供靴のデザインが必要だと考えた。また、消費者の中で大人の場合は、本人の歩行が既に学習されており、ヒールが片側のみに磨耗する場合及び片方の靴のみ変形が発生する場合など靴が歩行に合わせて変わっていく場合が多かった。しかし、子供の場合、歩行を学習される時期のため、靴に合わせて歩行が学習される場合が多いことが分かった。足の変形の原因となる歩行習慣を誘導する着用を防止するため、新たな子供靴の開発が必要であると考えた。

3. 研究目的

先行研究を通して、タイトな靴による局部圧迫が足の変形に影響を与えることが分かった。成長に合わせてサイズが変化する方法を採用し、局部的な圧迫から回避できる裸足歩行のような歩行が可能な子供靴のデザインを開発する。

4. 研究方法

本研究のために、子供靴と密接な関係がある足と歩行に対する調査が必要であった。また、製作のために子供靴の条件と特徴に対して調べた。何よりも子供の成長に合わせてサイズが変化する方法を採用するために、既製のサイズに対して探索が必要だった。この調査及び探索結果を基に、開発の目的に合うように新たなデザインコンセプトを提案した。

新たなコンセプトの子供靴を開発するために、実際のマーケットで販売されている製品の中で、開発品のコンセプトと類似した既製の子供靴の比較分析が必要であった。既製品の仕様、スタイル、特徴などを分析した後、各々のメリットとデメリットを比較する方法を実施した。既製品が共通的に備えているメリットを揃え、同時に既製のデメリットが解決できる具体的なデザインを提案

した。開発の目的と提案したデザインコンセプトに合わせて、実際に子供靴を製作した。製作後には、子供靴の条件に対する開発品の満足度を検討し、開発品の特徴を分析した。さらに、開発品の新たな問題に対して解決策も考えた。

そして製作した開発品、既製品及び裸足歩行を対象に歩行実験を実施した。様々な指標を活用して、多角的に比較分析した。この実験を通して開発品は局所的な圧迫から回避できる裸足歩行のような歩行が可能な子供であるかを検証した。

II. 本論

1. 探索

1-1 足の役割

Kim, et al. の研究⁵によると、人体の片足は、26 個の骨、38 個の関節、214 個の靭帯、38 個の筋肉で構成される精巧な部分で、様々な感覚器官がある感覚受容器である。足の骨は外側と内側の二つの部分に分けられる。内側は距骨、舟状骨と第 1～3 中足骨と趾骨で構成され、外側は踵骨、立方骨、第 4～5 中足骨と趾骨で構成される。

また、足は外部の情報を受け入れる代表的な身体器官の一つである。足の小さな筋肉はすべて随意筋で固有の機能を持つため、小さな筋肉であっても萎縮、変形がされて本来の機能を損なえば、受け入れる情報は歪曲する。足からの情報が歪曲される場合は、バランスを取るために他の補償システムを持つようになる。この現状が継続すると、身体の他の部位にも否定的な影響を及ぼすという Park, et al. の報告⁶がある。つまり、足は複雑な構造で、小さな足指であっても問題が生じると身体の全体に悪影響を与える可能性が高いため、小さな筋肉の異常徴候を見落としてはならない。

⁵ Minho Kim, Sibok Park, et al., An evaluation of the metatarsal arch of foot, Korean Acad of Rehad. Med, 18(4), 742-749, 1994

⁶ Sibok Park, Teakyong Kim, et al., A study on assessment of medical longitudinal arch, Korean Acad of Rehad. Med, 19(1), 50-55, 1995

1-2 歩行

1) Forefoot Walking

Loy and Voloshin の研究⁷では、足のサイズよりも小さい靴を着用する歩行は、靴による圧迫が原因となり、ヒールストライクが弱く、Foot Flat と Push off が強く発生すると示した。つまり、前足部を過度に活用する歩行となり、この歩行を Forefoot Walking と定義した。また、Forefoot Walking は体重が前方に偏って前足部に負荷が集中して、その負荷によって生じる衝撃に対する補償時間である Foot Flat と Push off の時間が長いことを Forefoot Walking の特徴として提示した。

D. Casey, et al. の研究⁸によると、反復的な Forefoot Walking は、身体の重心が前方に傾き、前足部に負荷が過重となって足指の関節は曲がった状態になり、足の周りの体性感覚系に異常をもたらす可能性が高い。そのため、足の周囲の軟部組織が変化され、骨と筋肉の相対的な位置が変化する。

また、ForefootWalking は、支持面積が減少するため、不安定は増加し、足首の角度が大きくなる。つまり、足首の動きが弱くなって代わりに前足部に圧力が載るため、足に疲労感が増加し、足首傷害と前足部の変形が発生するという K. Heajin 研究の報告⁹もある。

⁷ Loy D and Voloshin A, Biomechanical aspects of gait, Journal of Biomechanics, 20(9), 909-910, 1987

⁸ D. Casey Kerrigan, Mary K., et al., Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 79(3), 317-320, 1998

⁹ K. Heajin, A Biomechanical Analysis of Gait Variables Associated with Different Heel Heights, Journal of Korean Fashion Business, 13(2), 72-73, 2009

2) Barefoot Walking

靴がない裸足の状態で、足に加わる圧迫がまったくない形態の歩行を Barefoot Walking という。固定形態の靴による圧迫が原因となる足の変形から回避できる Barefoot Walking は、最近注目されている歩行の一つである。この歩行は、靴によって減少した受容性刺激を増加させ、バランスと筋肉能力の増進が可能である。また、地面の様々な刺激が足に受容され、全身的な循環増大効果が増加するという Lee and Nam の研究報告¹⁰がある。

Nigg and Balhsan の研究¹¹には、Barefoot walking に対して、このように示した。足全体を活用する歩行として、足に加わる負荷が一箇所に集中するパターンである局所的な圧迫がない状態であるため、足底圧力が足全体に均等に分布する特徴である。また、足と地面が接触する瞬間の衝撃が発生するため、足の地面から落ちる際には Take-off Supination という足首が前足部の外側に動く現象が Barefoot walking にはほとんど起こらない。よって、歩行が安定化されて足底圧力が急速に進行するため、各歩行区間の接地時間も比較的短い歩行とみられた。この報告を通して、Barefoot Walking は、左右揺れがなく、安定感と均衡感がある歩行として解釈できる。つまり、足の接地時間が長ければ長いほど、衝撃が行われていることを意味するため、各区間の接地時間が短いということは、衝撃が弱くて足底圧力の移動の進行が速い歩行と言える。

Kim, et al. の先行研究¹²によると Barefoot Walking は、足全体を均等に活用するため、歩行を開始する踵の接地が開始する Initial Contact Phase から中足部の接地が完了する Forefoot Contact Phase までの接地時間と足全体が接地される Foot Flat から足指が地面から離れる Push off までの接地時間差が大きくない特徴である。

¹⁰ Lee Chong-Hoon and Nam ki-jeong, The Comparative Joint Angle and Load Distribution Analysis of Barefoot Walking and Functional Walking Shoes, The Korean Journal of Physical Education, 54(1), 568-572, 2015

¹¹ B.M Nigg and H.A. Balhsan, The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running, Journal of Biomechanics, 20(10), 953-957, 1987

¹² In-Bae Kim, Tae-Sung Park, et al., Comparison of Barefoot and Shoe Gait Cycle, Journal of Convergence for Information Technology, 8(1), 9-11, 2018

1-3 子供靴の条件

靴は人間が日常生活で行う移動に必要な道具である。そのため、日常生活の中で、問題がないように様々な条件が必要である。次は Park の研究¹³の中に子供靴のデザインを分析した後、提示いた子供靴が備えなければならない条件である。

- 歩行する際、足を保護できるか
- 人体を支える重要な基盤となるか
- ソール部分が足底を固定して、歩行が可能となるか
- 子供が着用するように軽いか
- 子供の皮膚に優しく柔らかいか
- 汗が排出されるように通気性が優れるか
- インソールは復元力が優れるか
- アウトソールはノンスリップ機能があるか
- ヒールの高さは人体に悪い影響を及ぼさない高さであるか
- 子供に簡単な着用方式であるか

このような子供靴の条件を考慮して研究目的に充てる子供靴を開発する。

1-4 子供靴の特徴

本研究では、足が成長している子供の歩行のために着用する靴を‘子供靴’と表現する。子供の足は絶えず成長しているし、サイズの適合性を保護者が判断するため、子供靴は不安定な着用の可能性が常に高い傾向がある。それゆえ、子供靴デザインの開発においては成人の靴とは異なるアプローチが必要である。

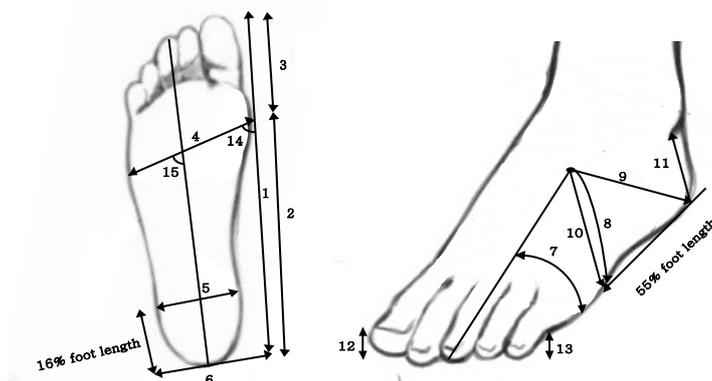
¹³ Hunae Park, Study on Design of Shoes for Children focused on child under 9 years of age, J. of Korean Product Design, 7(1), 142-145, 1993

1-5 既製品のサイズ

足のサイズよりも小さい靴を着用する際、局所的な圧迫によって外反拇指、Hammer & Claw Toe、横アーチの崩壊などの足の変形が誘発されると示した多数の先行研究を確認した。ゆえに、足の変形と靴のサイズは関連性が高くみられるため、既製の靴のサイズの計測及び表記方法を調べる必要があった。

(1) 足のサイズの計測

靴の製作のための足のサイズ計測方法は、日本皮革履物産業が提示している足型計測を基準とした。日本皮革履物産業は、図1のような足型計測¹⁴を行っている。



- 1: Foot Length, 2: Instep Length, 3: Anterior Foot Length, 4: Foot Breadth,
5: Heel Breadth, 6: Ball Breadth, 7: Foot Circumference,
8: Instep Circumference, 9: Heel Circumference, 10: Dorsal Arch Height,
11: Sphyrion Fibulare Height, 12: Toe1 Height, 13: Toe5 Height,
14: Ball Flex Angle 1, 15: Ball Flex Angle 2

図1 日本皮革履物産の足型計測方法

¹⁴ 足型計測, 足型計測方法, 日本皮革産業連合会, 155-156, 1988

(2) 子供靴のサイズを足長で表記する理由

13歳未満の子供を対象とした子供靴の型を標準化するための Moon and Kim 研究¹⁵では足長と足 20 箇所¹⁵の部位の間における相関を出し、分析した。0.8 以上の相関係数を持つ部位は、幅の要素では足の甲・足首の幅など、周囲の要素では、足囲などであった。長さの要素は、ほぼすべてが 0.9 を超えた相関係数を持つという結果が出る。

この結果から、足長による幅と周囲の分析が重要であることが確認され、子供靴の型の寸法決定時に、足長による幅と周囲の寸法は、その部位の相関係数を考慮、決定していると分かった。つまり、13歳未満の成長期の子供は、足長だけで足全体の形状を推定することが可能であり、それを基にして靴型の設計をすることが可能であると言える。このような理由で、現在の子供靴のマーケットでは基本的に足長を基準にしたサイズ表記をしている。そのため、子供が着用する開発品は成長する足にあうように、足長を含めて幅と周囲など足の一般的な部位がともに拡張するデザインが必要であると考えた。

(3) 足のサイズよりも小さい靴の着用方法

足が成長する中にも裸足歩行のように局所的な圧迫から解放される靴の着用方法を考えるために、タイトな靴を足に合わせて着用する方法を調べた。その方法は次のとおりである。

① 素材の面積を広げる

- a. シューズストレッチャーなどで物理的に全体的な面積を広げる
- b. 日差しやヘアドライヤーなどで加熱後、素材の面積を広げる

¹⁵ Moon kwangsup and Kim sungok, 13歳未満の子供の足体型を考慮した靴型の標準化に関する研究, 韓国皮革研究所, 12(1), 12-13, 2008

② スペースを拡張する

アップパー部分に切開を入れて着用可能なスペースを拡張する

1-6 コンセプトの提案

足のサイズよりも小さい靴を着用する方法の中で、素材の面積を広げて裸足のように局所的な圧迫から効果的に解放できる方法を考えた。本研究では、成長している子供の足、言わば、一定した範囲のサイズで多様な形態の足に着用する場合、靴による圧迫が局所的な部位に集中しない裸足のような状態となる方法として伸縮性のある素材を活用した子供靴の開発を提案した。

2. 既製品の比較分析

開発のコンセプトのように伸縮性のある素材を活用して、足に加わる局所的な圧迫の解消が可能な既製品に対して調査した。既製品の特徴は次のとおりである。

2-1 スキンシューズ (ホーキンス)

次のように、スキンシューズの仕様、生産サイズ、ヘリテージ、スタイル、特徴に対して調査及び分析した。

(1) 仕様

表1 スキンシューズの仕様表

項目	内容
ラスト	形態：ラウンド 足の甲の高さ：1cm
サイズ (足長18cm基準)	Foot Breadth : 80mm Foot Circumference : 45mm Anterior Foot Length : 110mm Dorsal Arch Height : 65mm Sphyrion Fibulare Height : 60mm Foot Length : 180mm
素材	アッパー：Polyester インソール：Cotton+Polyester (EVA付き) アウトソール：SBR (Styrene-Butadiene) 素材の厚さ：1mm
ディテール	スリッポンスタイル アングル：ゴムウェッジテープ プルストラップ付き Silk printingロゴ
ソール	分離型インソール インソールの厚さ：3mm Silk Printing Logo アウトソールの高さ：0.5cm
その他	Color : Mint, Black/Yellow, Pink, Blue, Etc. 重さ：110g ブランド国：イギリス 価額：約2,500円



図2 スキンシューズのラスト



図3 スキンシューズ



図4 スキンシューズのインソール



図5 スキンシューズのアウトソール

(2) 生産サイズ

表2は、スキンシューズの生産サイズである。

表2 スキンシューズの生産サイズ

US	11	12	13	1
JP (cm)	17	18	19	20

(3) ヘリテージ

ホーキンスは¹⁶、英国で製造を開始して、19世紀末には女王の乗馬靴まで作ったブランドである。王室専門靴という名誉を得て、大量生産を開始し、1890年には軍用ブーツの生産を開始した。1953年に世界初のエベレストを登頂したエドモンド・ヒラリーが着用したホーキンスのクライミングブーツが有名となり、その工程はアウトドアシューズまでに活用されている。1990年代からファッションスニーカーの生産を始めて、現在、韓国と日本ではABCマートを通して輸入している。2018年7月に韓国のABCマートでKid' Shoes カテゴリーで売上2位を占めた。

(4) スタイル



図6 スキンシューズの多様なスタイル

¹⁶ Hawkins, 国内(韓国)靴統計資料, 釜山靴振興院, 122-122, 2018

(5) 特徴

表3 スキンシューズのメリット&デメリット

メリット	デメリット
アッパー部分が伸びる素材のため、 多様な形態の足にも加わる局所的な圧迫 が比較的に少ない	足を支持及び保護する機能が低下
通気性に優れ、乾燥が早い	素材が薄くて破れ、摩耗しやすい
軽い	
接着剤を使用せず, 特許の接着技術を 使用して子供の肌に優しい	
スリッポンスタイルのため、子供一人 での脱ぎ履きが簡単	

2-2 アクアソックス (ナイキ)

次のように、アクアソックスの仕様、生産サイズ、ヘリテージ、スタイル、特徴に対して調査及び分析した。

(1) 仕様

表4 アクアソックスの仕様表

項目	内容
ラスト	形態：ラウンド 足の甲の高さ：1.5cm
サイズ (足長18cm基準)	Foot Breadth：85mm Foot Circumference：60mm Anterior Foot Length：130mm Dorsal Arch Height：70mm Sphyrion Fibulare Height：80mm Foot Length：185mm
素材	アッパー：Polyester Mesh / PVC (Heel Clip) インソール：Polyester (EVA付き) アウトソール：BR (Butadiene Rubber) 素材の厚さ：1mm / 4mm (Polyester Mesh / PVC)
ディテール	スリッポンスタイル アングル：ニットバンド プルストラップ付き Tag Logo 付き
ソール	一体型インソール インソールの厚さ：5mm ロゴなし アウトソールの高さ：2cm
その他	Color：Black, Blue, Coral 重さ：150g ブランド国：アメリカ 価額：約7,000円



図7 アクアソックスのラスト



図8 アクアソックス



図9 アクアソックスのインソール



図10 アクアソックスのアウトソール

(2) 生産サイズ

表5は、アクアソックスの生産サイズである

表5 アクアソックスの生産サイズ

US	11	12	13	1	2
JP(cm)	17	18	19	20	21

(3) ヘリテージ

アクアソックスは¹⁷, 1987年に発表された。通気性が優れるように二つのメッシュを重ねて特有のネット組織で製作した当時の革命的なデザインである。ミニマルな靴下を着用したようなデザインで、まるで裸足歩行のような履き心地を提供した。足を支持するヒールクリップと耐久性の良いラバーソールが特徴である。現在は、アクアソックス360のモデルで、ウォータースポーツシューズにもかわらず、シンプルでスリムなデザインと特有の履き心地のためカジュアルストリートファッションのアイコンシューズとして人気商品となった。

(4) スタイル



図 11 アクアソックスの多様なスタイル

¹⁷ Aquasocks(Nike), The world footwear year book, APICCAPS, 235-236, 2010

(5) 特徴

表6 アクアソックスのメリット&デメリット

メリット	デメリット
アッパー部分が伸びる素材のため、 多様な形態の足にも加わる局所的な 圧迫が比較的に少ない	ヒールクリップが硬くて、 アングルに圧迫が加わる
通気性に優れ、乾燥が早い	素材が薄くて破れ、摩耗しやすい
軽い	
耐久性に優れるアウトソール	形態固定力が弱い素材のため、 足にフィットされるようにラストの幅が 比較的に狭い
スリッポンスタイルのため、子供一人 での脱ぎ履きが簡単	

2-3 フライニット (ナイキ)

次のように、フライニットの仕様、生産サイズ、ヘリテージ、スタイル、特徴に対して調査及び分析した。

(1) 仕様

表7 フライニットの仕様表

項目	内容
ラスト	形態：ラウンド 足の甲の高さ：2cm
サイズ (足長18cm基準)	Foot Breadth : 95mm Foot Circumference : 70mm Anterior Foot Length : 140mm Dorsal Arch Height : 80mm Sphyrion Fibulare Height : 90mm Foot Length : 185mm
素材	アッパー：Polyester Yarn TPE (Heel Clip) インソール：Polyester (EVA付き) アウトソール：BR (Butadiene Rubber) 多数の異なるニットとメッシュを採用 素材の厚さ：1mm
ディテール	裁縫線なしで一体型のアッパー プルストラップ付き(前後方)
ソール	一体型インソール インソールの厚さ：5mm ロゴなし アウトソールの高さ：2cm
その他	Color : Black, Red, Jade Etc. 重さ：160g ブランド国：アメリカ 価額：約16,000円



図 12 フライニットのラスト



図 13 フライニット



図 14 フライニットのインソール



図 15 フライニットのアウトソール

(2) 生産サイズ

表 8 は、フライニットの生産サイズである

表 8 フライニットの生産サイズ

US	11	12	13	1	2
JP(cm)	17	18	19	20	21

(3) ヘリテージ

フライニット¹⁸技術は、靴下のように足と一つになるフィットを希望するランナーの意見と、ナイキ素材研究所の縫製せずに一つのピースとなるアッパーを開発する試みから始まった。4年間、耐久性に優れて元の形を維持しようとする性質のニットを開発した。摩擦が生じる空間を減らすために、靴を着用した際に足の動きによって柔軟に必要な部分にはポリエステル糸が開かれるようにデザインした。一方、固定が必要な部分は、より堅くニットを織る方法として通気性、柔軟性と同時に支持力も優れたシューズを開発した。2012年には縫製しない一つのオブジェでアッパーを開発、発売した。

(4) スタイル



図 16 フライニットの多様なスタイル

¹⁸ Flyknit(nike), The world footwear year book, APICCAPS, 372-373, 2014

(5) 特徴

表9 フライニットのメリット&デメリット

メリット	デメリット
アッパー部分が伸びる素材のため、 多様な形態の足にも加わる局所的な 圧迫が比較的少ない	ヒールクリップが硬くて、 踵に圧迫が加わる
通気性に優れる	ポリエステル糸が薄くて破れやすい
軽い	
耐久性に優れたアウトソール	形態固定力が弱い素材のため、 足にフィットされるようにラストの幅が 比較的狭い
スリップオンスタイルのため、 子供一人での脱ぎ履きが簡単	
裁縫線がなくて柔軟性に優れる	

2-4 スピードトレーナー（バレンシアガ）

次のように、スピードトレーナーの仕様、生産サイズ、ヘリテージ、スタイル、特徴に対して調査及び分析した。

(1) 仕様

表 10 スピードトレーナーの仕様表

項目	内容
ラスト	形態：ラウンド 足の甲の高さ：3cm
サイズ (足長18cm基準)	Foot Breadth : 90mm Foot Circumference : 70mm Anterior Foot Length : 190mm Dorsal Arch Height : 130mm Sphyrion Fibulare Height : 130mm Foot Length : 180mm
素材	アッパー：Polyamide（ニットとメッシュを採用） インソール：Polyester（EVA付き） アウトソール：SBR（Styrene-Butadiene） 素材の厚さ：2mm
ディテール	アングル：ニットバンド 裁縫線なしで一体型のアッパー（ブーツスタイル） プルストラップなし Embossed Printing Logo
ソール	分離型インソール（厚さ：3mm） Silk Printing Logo Shock Absorber Memory Sole（高さ：3cm）
その他	Color : Black, Red etc. 重さ：200g ブランド国：フランス 価額：約35,000円



図 17 スピードトレーナーのラスト



図 18 スピードトレーナー

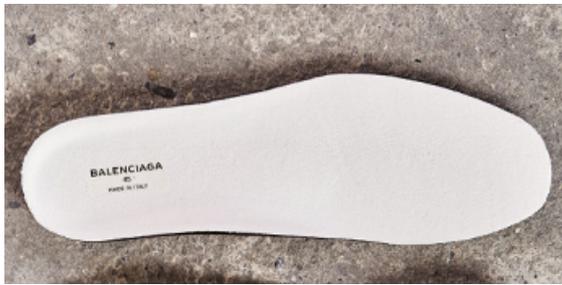


図 19 スピードトレーナーのインソール



図 20 スピードトレーナーの
アウトソール

(2) 生産サイズ

表11は、スピードトレーナーの生産サイズである

表 11 スピードトレーナーの生産サイズ

EU	25	27	29	31
JP (cm)	15.5	16.5	18	20

(3) ヘリテージ

スピードトレーナー¹⁹は、バレンシアガが2016年11月にランチングした。スキューバ靴のようにゴムが付いている靴下と酷評が多かった。だが、高いヒール
のスニーカーの流れの中に新たなスタイルのシューズとしてすぐに流行し始め
た。テリーライニング、ニットジャージ靴下のようなアッパー、柔らかいメモ
リー衝撃吸収機能であるウェーブアウトソールが特徴であるスピードトレーナ
ーはハイファッションスタイルと履き心地の良さをともに満たす商品となった。

(4) スタイル



図 21 スピードトレーナーの多様なスタイル

¹⁹ Speedtrainer (Balenciaga), The world footwear year book, APICCAPS, 76-77, 2017

(5) 特徴

表 12 スピードトレーナーのメリット&デメリット

メリット	デメリット
アッパー部分が伸びる素材のため、 多様な形態の足にも加わる局所的な 圧迫が比較的少ない	値段が高い
通気性に優れる	
柔らかいメモリー衝撃吸収機能の アウトソール	
裁縫線がなくて柔軟性に優れる	繰り返しの着用によって アッパーの素材が伸びた場合、 回復できない素材のため、 最初のフィット感は減少する
スリッオンスタイルのため、 子供一人での脱ぎ履きが簡単	

2-5 まとめ

伸縮性のある素材を活用した既存の子供靴を比較分析した結果、共通的に次のようなメリットとデメリットがあった。

表 13 既製品のメリット&デメリット

メリット	デメリット
200g未満の軽量	アッパー部分のみに素材が伸びるため、成長中の足裏までは靴の対応が困難
子供の肌にやさしく柔らかな素材	
伸縮性のあるアッパーのため、成長期である多様な足にも加わる局所的な圧迫が少ないデザイン	
通気性に優れる素材をアッパーに活用	素材の厚さが薄い傾向があるため、足を保護する機能は多少不足
インソールは頻繁な活動に対応可能な復元力に優れたEVAフォームを活用	
ノンスリップのアウトソール	
身体に悪い影響を与えないようにヒールの高さは3cm未満	伸縮性のあるアッパーの素材は破れやすい
子供が一人でも履けるように簡単な着用方式が必要	

開発品は、既製のデメリットを解決できるデザインとなるようにする。アッパーのみでなく、足全体が伸びるデザインであり、素材の厚さを考慮して足を保護する機能性を考えなければならない。また、伸縮性のある素材は破れやすい素材が多いため、これに対する対策が必要である。これらのデメリットを解決できるように子供靴デザインを開発し、製作した。

3. 子供靴の製作

既製品の比較分析の内容を基に提案したコンセプトに合わせて、実際に子供靴を製作した。

3-1 素材

(1) 素材の比較

子供靴は子供用品に属する。そのため、子供の人体に対する無害テストをクリアした素材の中で、実際にマーケットで売られている製品に使われる素材を使用し、開発した。また、使用する素材の伸びる性質を確認した。

表 14 は、既製品によく見られた素材の特徴を比較したものである。伸びる程度である Stretch を含め、Component、Weave Type、Thickness、Weight などと比較した。厚さ測定器を使用して素材の厚さを 10^{-2} mm まで測定し、電子秤を使用して素材の重量を 10^{-2} g まで測定した。伸びる程度の比較は 30x100 (Weft x Warp, mm) のサイズの各素材を同じ環境に同じ実行者が測定した。素材を Weft、Warp、Bias 方向で伸びる限界を最大値として、5mm 単位で伸ばしながら測定した。

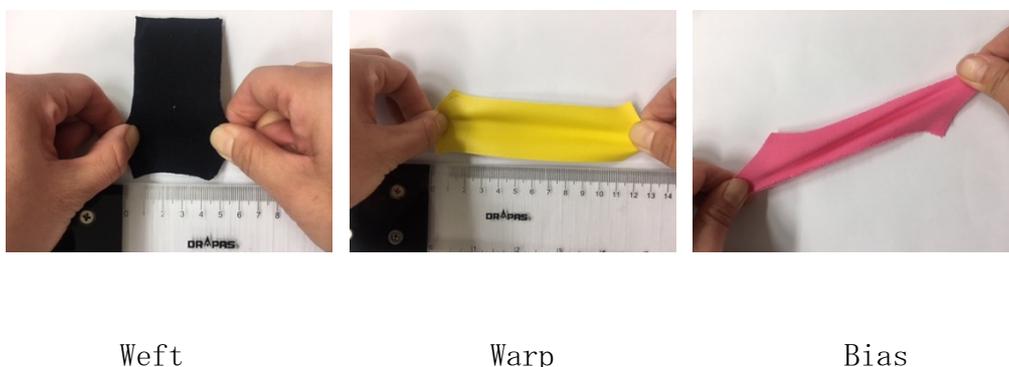


図 22 伸縮性の程度と方向

(2) 素材設定

伸縮性を比較分析した素材の中で、開発品の各部分に適する素材を設定した。

① アッパー

アッパーは、敏感な子供の肌に直接触れる部分であるため、成人用の靴よりも素材の選択に慎重になる必要がある。

a. ネオプレンゴム

最近子供靴をはじめ、成人用の靴にも多く使われ、注目されている素材の一つである。ネオプレンゴムは²⁰、1930年にクロロプレンと命名し、ネオプレンとして販売した。クロロプレンの重合による合成ゴムで天然ゴムよりも燃えにくく、耐油・耐候性に優れる。強度がありクッション性も高い素材である。

これらの特徴と共に Weft、Warp、Bias の 4ways 方向で伸びるため、コンセプトに適した素材であると判断し、開発品のアッパーに使用することにした。



図 23 ネオプレンゴム

²⁰ ネオプレンゴム，ファッション用語辞典，韓国ファッション協会，15-16，2010

b. PU (Polyurethane) 合成皮革

ストレッチ性に優れる PU 合皮を使用した。PU は、天然皮革のような感じを与えるために柔軟性、形態安定性、日光堅牢度、熱安定性、層間接着力などがあり、靴に主に使用されている。特に、子供が着用する靴のため、着用者の皮膚に触れる面は、ポリエステル 65%+綿 35%で構成されている肌にやさしい素材を使用した。



図 24 PU 合成皮革

③ アウトソール

足に加わる局所的な圧迫を回避するようにアウトソールまで伸縮性ある素材で活用して開発品を製作することに重点を置いた。

a. TPE

TPE は²¹、単独重合体と塩化ビニルを 50%以上含有した混成重合体である。常温でアルカリ性酸化剤に安定であり、アセトン、アルコール、ベンゼンも溶けないため、加工時に接着しにくい特徴がある。比較的硬い素材であるが、フタル酸のような可塑剤を添加すると、弾性を持つ。多様な種調製と混合した後、押出成形やカレンダー加工を通して、例えば、各種のゴム手袋、おしゃぶり、衛生キャップ、風船などを作る。伸縮性が優れ、薬品に対する抵抗力も大きい素材である。

特に、子供用品、医療用品などに多く使われるため、安全な素材であると判断し、開発品のアウトソールに使用した。実際に使った TPE は、人体に有害な鉛、カドミウム、水銀が基準値(韓国基準, 1000ppm) よりもはるかに低いものを使用した。何よりも、優秀な伸縮性と復元力特性があり、汚染や磨耗の問題に対応可能のため、本研究のコンセプトに適していると判断した。



図 25 TPE

²¹ Eunji Kim and Inkyu Paik, Waterborne polyurethane skin resin used in the fabrication of synthetic leather, Korea Institute of Footwear Technology, 54(1), 30-33, 2017

b. EVA

EVA (Ethylene Vinyl Acetate) は²²、LDPE (Low Density Polyethylene) の既存の性質に Vinyl Acetate を新たに導入して素材を初めて開発した。EVA の特徴の一つである高柔軟性 (Flexibility、架橋) および発泡が比較的容易で靴のソール、サンダル、カート用タイヤなどに使用されている。

EVA は軽く、加工も容易であるため、実際の子供靴にもよく使われる素材である。さらに、子供の活発な運動に対応可能な、復元力に優れた素材と判断して EVA を使用した。サイド面は専用染料で着色した。



図 26 EVA



図 27 EVA Coloring

²² EVA Former, LG Polymer Journal, LG Chem, 37-38, 2014

c. Rubber

Pyo and Park の研究²³によると、シューズ用のアウトソール素材の中で推進力や摩擦力が必要な場合、比較的摩擦係数の高い Chlorobutyl Rubber (CIIR) が多く使われ、摩擦力より耐摩耗性が重要な場合には、耐摩耗性に優れた Butadiene Rubber (BR) が主に使用されている。また、中間程度の耐摩耗性と摩擦係数が必要とされるシューズには、Styrene-Butadiene Rubber (SBR) が主に使用されている。しかし、単一ゴム素材で要求される物性を満たしていない場合には、各々のメリットを持つゴムを混合して必要とされる特性に合わせる。このような製造方法が多く研究され、既製品にも適用されている。

子供は不安定な歩行をするため、子供靴のアウトソールは成人用の靴よりも高い摩擦係数が要求される。また、活動量も多いため、耐摩耗性にも考慮しなければならない。そのため、子供靴のアウトソールは SBR アウトソールが一般的であり、今回の開発品も SBR を使用してアウトソールを製作した。



図 28 CIIR Outsole



図 29 BR Outsole



図 30 SBR Outsole

²³ Kyungduk Pyo and Chacheol Park, A study on the friction and anti-abrasion properties of rubber blends for shoes outsole, *Elastomers and Composites*, 46(4), 324-328, 2011

3-2 靴型デザイン

靴型は、韓国人の平均体型のサイズを載せているサイズ코리아から2017年に更新されたサイズを基にして製作した。本研究の対象の主な年齢である6歳の平均サイズを基に設計、製作した。6歳を対象とした理由は、子供の年齢が高いほど大人の足の形に近接するため、歩行可能な年齢の中で比較的到低い年齢であり、意思疎通が可能な6歳を対象とした。

特に、靴型デザインの順番に変更があった。靴のデザインでは、アウトソールをデザインした後で靴型デザインをすることが一般的であるが、開発品のコンセプトは伸縮性素材によるアウトソールまで可変性のあるため、靴型デザインをした後でアウトソールをデザインした。また、伸縮性の特性があるため、サイズ코리아からの6歳の平均サイズをもとに設定した基本サイズよりも全体的に0.5cm小さく靴型をデザインし、着用時に素材が伸びる特徴が活用されるようにした。

靴の全体的なイメージを決定する靴型の前の部分は、最近のマーケットに最も多く見られたラウンドラストを基にデザインした。靴型の素材は、修正が可能なHDPEを使用し、専門家と共に、約1週間韓国でデザイン及び製作をした。



図 31 開発靴型の製作

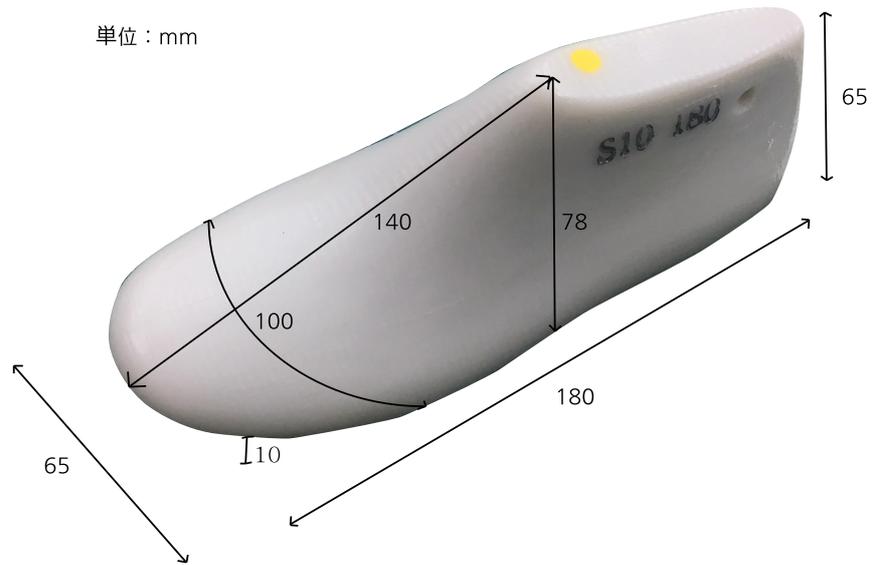
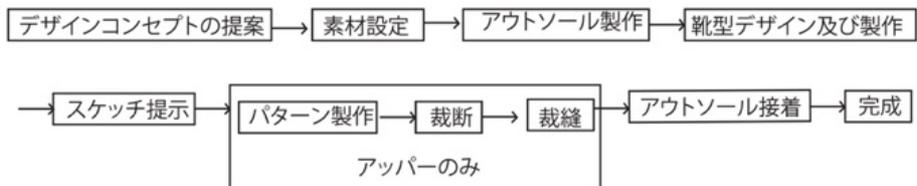


図 32 開発靴型

★ 既製品の製作過程



★ 開発品の製作過程

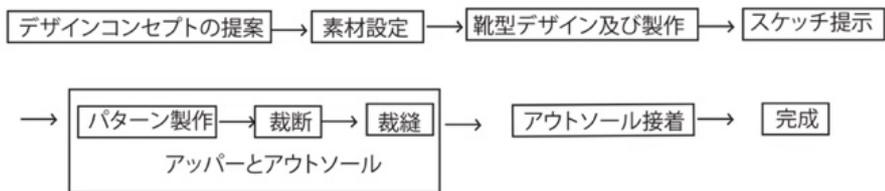


図 33 靴型デザインの順番に変更

3-3 スケッチ提示

伸縮性がある素材を活用した子供靴を多数スケッチした。着用者の足の形やサイズに応じて素材が効果的に伸びるようにアッパーとアウトソールを分け、着脱可能なデザインを様々にスケッチした。子供の弱い足首と足の大部分を保護するようなブーツのデザインを基本としてデザインした。また、靴のデザインにおいてブーツデザインはスニーカーへ転換しやすいスタイルで、今後スニーカーデザインも可能であると考えた。

図 34 のスケッチの中で基本になるデザインで、製作プロセスが比較的簡単で商品化しやすく、個人研究者が製作可能なデザイン 1 つを最終的に選択し、実際に製作することにした。



図 34 子供靴のスケッチ



図 35 最終スケッチ

3-4 パターンの製作

図 32 のように作られた靴型の上にマスキングテープを貼り、アッパーとアウトソールをデザインする。まず、アッパーの部分はアンクルブーツのスタイルで製作し、開発後、スニーカー、ローブーツ、ロングブーツなど、多様な種類への展開が可能となるようにする。

子供靴を開発するため、素材の伸縮性を考慮してアウトソールパターンを製作した。既存のグレーディングシステムを参考にして、新たにパターンを開発した。また、アッパーは子供自身での着脱を容易にするために靴下の着用形式を採用してデザインした。アウトソールのデザインは、歩行する際にははがれない程度で、最もシンプルな型であるフラットシューズデザインを参考にして、新たに開発した。ヒールの配置は、3等分と4等分と分かれた。3等分の配置は左右の区別がないように内側と外側が対称なデザインである。一方、4等分の配置は、幼児歩行に関する Lee, et al. の研究²⁴から歩行区間の Initial Foot Contact から Toe Off までのプロセスを参考にした。歩行する間の後足部、中足部、前足部が順次地面に着く特徴に注目した。地面に着く部分は SBR を配置してその外郭のゆとり部分を伸びる素材で構成した。それによって、アウトソールが全体的に伸びて、成長中の可変性がある足にも対応可能なようにデザインした。さらに、歩行も順調に行えるアウトソールとして役割を果たすように開発した。

特に、開発品の素材は伸びるため、足を支える機能が既製の子供靴より低下する恐れがあった。よって、フラットシューズと同一形の Toe puff と Stiffener を Goat leather を挿入して足を支えるようなデザインを選別した。

²⁴ Kyoungok Lee, Giltea Yang, et al., Three dimensional kinematic analyses of the children's gait development process, Korean Journal of Physical Education, 41(2), 780-783, 2002



図 36 パターンの製作

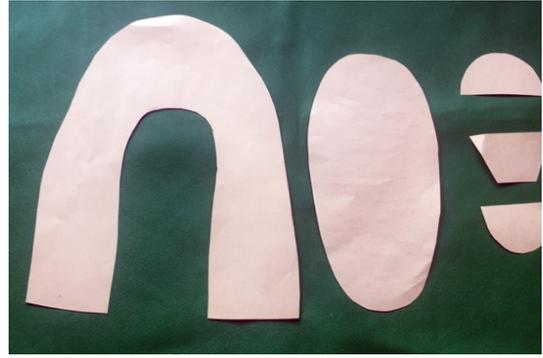


図 37 開発パターン
(足長 14cm/アウトソール)

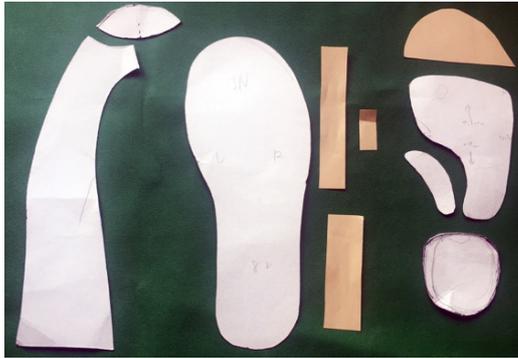


図 38 開発パターン
(足長 18cm/アウトソール)

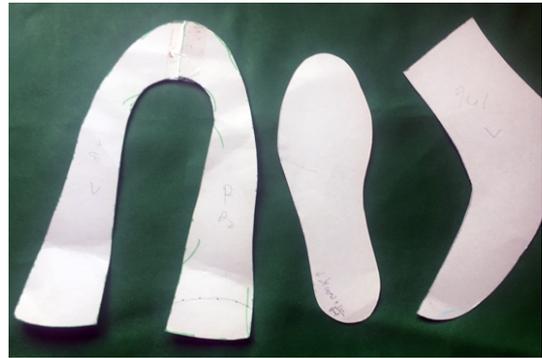


図 39 開発パターン (アッパー)

3-5 部品の設定

(1) ファスナー

ブーツデザインは開け閉めが可能なデザインにする必要がある。子供が使いにくい紐やボタンなどではなく、保護者が履かせられない場合でも子供ひとりで履きやすい仕様にするため、ファスナーがあるデザインを試みた。

ファスナーは、一動作ですぐに着用が可能であるという利点がある。さらに、商品化する時、合理的な価格設定が可能であるように単価を低くするためにも適切であると考えられた。以上の理由からファスナーを活用して簡単に靴の着脱ができるように製作した。特にファスナーの位置は、子供が履きやすいように、横または後ろではなく前方にした。保護者が履かせられない場合でも子供ひとりで着用可能になるようにデザインした。



図 40 シューズ用ファスナー

(2) リボン

飾りリボンを糸で固定した。リボンの位置を外側に設定して子供にも左右の区別が容易なデザインである。



図 41 リボン

3-6 完成デザイン

足に加わる局所的な圧迫から回避が可能なように伸縮性のある素材で子供靴を製作した。開発品の全般的な仕様事項は、表 15 のとおりである。

(1) アッパー

- ① 素材の伸びる程度と方向を考えて多様な足の形態にも着用可能なデザイン
- ② 子供も履きやすい着用方式の Zip-up デザイン
- ③ ブーツスタイルのアッパーがインソールの役割（インソールなし）
- ④ 靴下のように簡単な着用方式

(2) アウトソール

- ① 四方に伸びる TPE で製作され、成長している足のサイズに合わせて対応可能なデザイン
- ② 脱ぎ履きの方式で交換が可能なフラットシューズデザインの新たな概念のアウトソール
- ③ ノンスリップの素材で、耐摩耗性と摩擦係数が優れる Styrene-Butadiene Rubber (SBR) を活用
- ④ 子供の歩行区間のプロセスを考慮したデザイン



図 42 完成デザイン

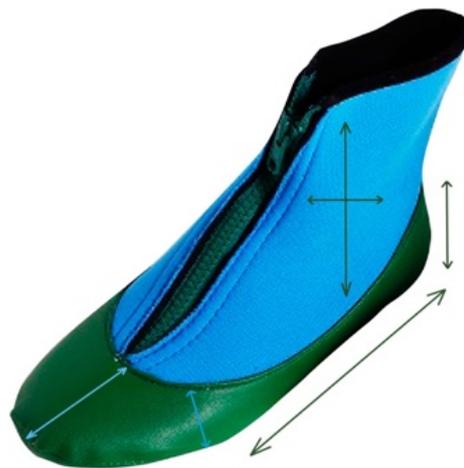


図 43 アッパーの伸びる方向



図 44 アウトソール

表 15 開発品の仕様比較表

Upper	Color		Pink/Yellow
	Materials	Ankle	Neoprene
		Top of Foot	PU Span
	Max Width(mm)		70
	Height(mm)		140
	Length (mm)		180
	Anterior Foot length(mm)		50
	Thickness(mm)		3.5
	Detail(mm)		120
	Weight(g)		85
Outsole	Color		Gold
	Materials	Sole	TPE
		Heel	EVA/SBR
	Max Width(mm)		80
	Height(mm)		60
	Length(mm)		180
	Anterior Foot length(mm)		50
	Thickness(mm)		5.5
	Heel (mm)		20
Weight(g)		105	

3-7 開発品の固有な特徴

(1) 4歳までの子供に対する左右の区別ないデザイン

今まで検討した様々な先行研究では、既成品の標準化されたパターンのため、局所的な圧迫が足に加わり、それによって足の変形が生じる可能性が高いとみられた。しかし、開発品は足に加わる局所的な圧迫を回避するために、伸縮性のある素材を活用した。また、靴下から着目したデザインとして、固定された形態の子供靴ではない。したがって、靴下のように左右の区別なく着用できることが開発品の特徴である。

Henning and Rosenbaumの研究²⁵によると正常児童の場合、平均的に生理学扁平足の状態である5歳から徐々に内側縦アーチが形成して6歳までには完成すると報告した。つまり、5～6歳を基準として以前と以後の足は形態が異なると予測できる。次はBea and Parkの研究²⁶の被験者である4歳、8歳、20歳の左足の歩行中に撮った足底圧力分布である。

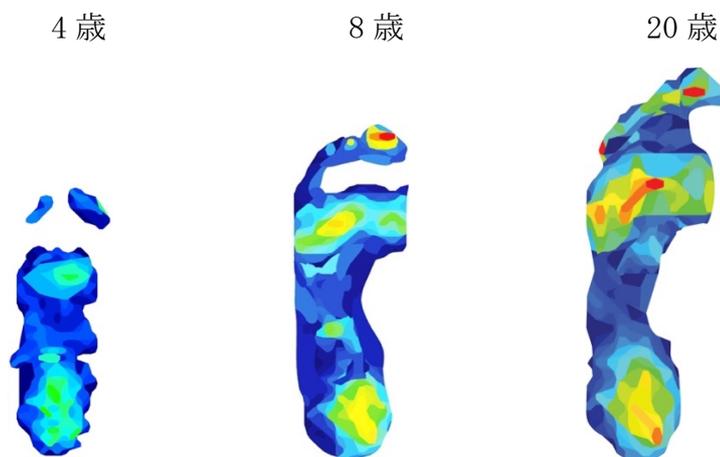


図 45 足底圧力分布の比較

²⁵ Henning EM and Rosenbaum D, Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults, Sage Journal, 6(1), 122-123, 1991

²⁶ Bea HS and Park Changil, The change of Plantar Pressure and Pathway of Center of Pressure in foot during the gait in Normal Preschool Children, Korean Acad. Of Rehab.Med., 25(6), 1042-1043, 2001

図 45 のように 4 歳の足は内側と外側が対称的な形がみられる。だが、8 歳の足底圧力分布は 20 歳の成人の足と近接な形態が確認される。このような足底圧力分布を通して、開発品は伸縮性素材を活用する足全体を包み込むデザインであるため、5 歳未満が着用するサイズの場合は、左右の区別がない着用が可能と判断した。

ただし、Henning and Rosenbaum の研究のように平均的に 5 歳以降には足の左右の区別が始まるため、一般的に 5~6 歳以降から着用する足長基準 16cm 以上の開発品は、左右が区別されるデザインである。アッパーは左右の区別がないデザインであるが、アウトソールによって左右区別される。足長基準 16cm 未満のアウトソールは、左右の区別がない 3 等分のヒールを配置する。一方、足長基準 16cm 以上のアウトソールは、子供の歩行区間から着目した 4 等分のヒール配置するデザインである。特に、子供に左右の区別が容易となるように飾りリボンの位置を外側に設定した。



図 46 3 等分のヒールを配置



図 47 4 等分のヒールを配置

(2) 靴の全体が伸びる

アッパーからアウトソールまで伸縮性ある素材で製作したため、靴の全体が伸びるデザインである。

(3) 交換可能なアウトソール

アウトソールの着脱が可能であるため、破れまたは磨耗された場合、アウトソールの交換が可能である。また、パターンやカラーのチェンジができる Customizing Concept も目指すデザインである。

3-8 子供靴の条件に対する検討

表 16 のとおりに子供靴の条件を基に開発品を検討した。検討後、条件を満たしていない部分は、開発品のデメリットとして判断した。

表 16 子供靴の条件に対する検討表

条件内容	検討結果
歩行する際、靴は足を保護できるか	フラットシューズ程度の保護機能
人体を支える重要な基盤となるか	ブーツ程度の支持役割
ソール部分が足底を固定して、歩行が可能となるか	日常生活の歩行は可能
子供の着用するように軽いか	190g の軽量
子供の皮膚に優しく柔らかいか	人体に対する無害テストをクリアした素材の中で、柔らかい素材使用
汗が排出されるよう通気性に優れるか	TPE 素材部分は通気性が低下
インソールは復元力に優れるか	復元力が優れた EVA を使用
アウトソールはノンスリップ機能があるか	SBR のノンスリップアウトソール
ヒールの高さは人体に悪い影響を及ぼさない高さであるか	子供靴において平均的なヒールの高さである 2cm
子供に簡単な着用方式であるか	前方にファスナーが位置されて開け閉めが簡単であり、履きやすい靴下のような着用の仕方

3-9 開発品のメリット&デメリット

次の表 17 は、開発品のメリット&デメリットである。

表 17 子供靴の条件に対する検討表

メリット	デメリット
アッパーと共にアウトソールも伸びるため、足の甲から裏まで発生する局所的な圧迫から回避可能	薄いため破れやすいアウトソールの素材
四方に伸びる素材のため、成長期の様々な足の形態に着用可能	
アッパーからアウトソールまで柔らかい素材のため、子供の皮膚に優しい	足の保護機能が比較的低い
分離されるアウトソールデザインのため、アウトソールの交換が簡単	
耐摩耗性と摩擦係数が優れる SBR が歩行区間に合わせた配置	
子供も操作が簡単な着用方法	TPE 部分の通気性が低下

開発品の破れやすいというデメリットを解決するために、コーティング加工を活用して破れを防止する。また、足の保護または支持機能を高めるために、素材の厚さを考慮し、他の素材とコンビネーションする方法もある。TPE の部分は様々な成型加工を活用して通気性を高める必要がある。

4. 歩行実験の比較解析

歩行実験は、子供の足が成長して足よりも靴が小さくなった場合、開発品及び既製品を着用した歩行と裸足歩行を比較分析して、その中で裸足歩行と類似した歩行を確認する歩行実験である。

(* 倫理審査を通した実験/ 受講番号：180713006)

4-1 実験対象

(1) 実験対象

足に疾患がない年齢6～9歳の中で、足のサイズが19cm±0.3cmの子供30名

(2) 表18は、実験対象の情報である。

表18 実験対象者

項目 被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	足の幅(cm)	足長(cm)	性別
1	7	127.0	17.0	6.8	18.8	男
2	8	126.5	20.0	7.9	19.3	女
3	7	125.0	18.5	6.3	18.7	女
4	7	128.0	20.0	6.8	19.3	女
5	7	125.5	18.0	6.5	18.9	男
6	8	127.5	20.0	7.5	19.3	女
7	6	123.5	18.0	6.9	19.2	女
8	8	124.0	20.5	7.8	19.3	男
9	7	123.5	19.0	6.5	18.7	男
10	9	130.0	20.5	7.3	19.2	男

11	6	123.0	17.0	6.8	19.0	女
12	7	129.0	20.0	6.9	19.3	女
13	7	128.5	19.0	6.5	18.8	男
14	9	127.5	20.0	7.2	19.2	女
15	7	125.0	23.0	6.8	19.3	男
16	7	123.0	19.5	7.3	19.3	女
17	6	121.0	18.5	6.8	18.7	男
18	7	125.5	19.0	7.0	19.3	女
19	7	125.0	19.5	6.5	18.9	女
20	6	123.0	18.0	6.3	19.0	男
21	8	127.0	20.0	7.0	19.2	女
22	6	123.0	15.0	7.8	19.0	女
23	7	128.0	21.0	7.5	19.0	女
24	6	128.5	19.5	6.2	18.9	男
25	8	126.5	18.0	7.0	19.2	女
26	7	125.0	20.0	6.8	18.9	男
27	6	122.0	17.5	7.5	19.2	女
28	6	122.5	18.0	6.8	18.9	男
29	7	125.5	19.5	7.3	19.0	女
30	6	124.0	18.5	6.8	18.7	女
平均 (標準偏差)	7 (0.9)	125.4 (2.3)	19.1 (1.5)	6.9 (0.4)	19.0 (0.2)	-

4-2 実験方法

(1) 測定時期：2018.10.01～2018.10.31

(2) 測定場所：筑波大学芸術大

(3) 測定対象

測定する対象は、表19の通りである。

表 19 測定対象

	A	B	C	D
イメージ				
ブランド (商品名)	-	アディダス (スーパースター)	スキンシューズ (ホーキンス)	開発品 (NoviNovi shoe)
市販サイズ(cm)	-	18	18	18
素材 (アッパー)	-	PY/PU	PY/PU	PY/PU
(アウトソール)	-	Styrene- Butadiene Rubber	Styrene- Butadiene Rubber	Styrene- Butadiene Rubber
伸縮性 (アッパー)	-	X	0	0
アウトソール)	-	X	X	0
ラスト 形態	-	ラウンド	ラウンド	ラウンド
甲の高さ (cm)	-	1.5	1	1
インソール 形態	-	分離型インソール	分離型インソール	-
厚さ(mm)	-	3	3	-
アウトソール 形態	-	一体型アウトソール	一体型アウトソール	セパレートアウトソール
アウトソール 高さ(cm)	-	2	0.5	2
重量(g)	-	230	110	190
選定理由	靴の歩行と比較が必要 (靴による圧迫がない状態)	①売上げが1位 (ABC マート 2018 年) ②伸縮性ない素材の製品	①開発品の特性と最も類似した既製品 ②伸縮性ある素材の製品	①開発品 ②伸縮性ある素材の靴 ③足長 18cm のため 4 等分配置の アウトソール着用

(4) 測定方法

F-scan は²⁷、歩行周期による足底圧の変化を 2 次あるいは 3 次元的に示し、時間に対する足底圧の変化をグラフで確認できる。また、必要な部位を指定して評価することができる。足底圧測定を歩行と関連させて分析することは足の問題を確認するための指標として有用である。

A から D の中でランダムに着用して F-scan System を利用して測定した。F-scan System は²⁸、足底圧を測定できる裁断可能な測定センサー、脚に取り付けられる変換装置、変換装置を接続するためのケーブル、足底圧分析のためのソフトウェアで構成されている。960 個の圧力検出ポイントが 0.2Inch 間隔の格子形式で均一に分布している測定センサーは、厚さが 0.18mm で、足の形に合わせて曲がるものである。裸足歩行の測定は、その測定センサーを被験者の足のサイズに合わせて裁断し、靴下を着用せず裸足に専用接着剤で部着した。靴を着用する場合は、測定センサーを開発品と既製品の内側ソール部分に装着した。装着後、測定センサーの補正を行う。

測定準備が終わってから、1 分間被験者に練習歩行をさせた。この段階まで何も問題がないことを確認して本格的な測定を行った。また、硬く平らな地面の上で、日常歩行の速度で直線方向の歩行を実施し、測定した。

測定時には、被験者に着用する靴の順番を事前に通知せずにランダムに着用した。ランダムに実施する理由は、靴の順番を認知した心理的な要因が結果に影響を与えないためである。ただ、測定方式と手順は、全て同じである。

²⁷ Charles R.Y, The F-scan system of foot pressure analysis, Sage Journal, 10(1), 455-461, 1993

²⁸ Ahroni JH and Frosberg R, Reliability of F-scan in shoe measurements of plantar pressure, Sage Journal, 19(1), 670-673, 1998



図 48 F-Scan 測定センサー



図 49 F-Scan Cable



図 50 F-Scan Software



図 51 F-Scan 測定

(5) 測定手順

測定手順は次の通りである。

- ① A～D からランダムに一つ選択する
- ② 選択された靴（または裸足）の内側ソールに測定センサーを挿入してから、靴を着用した後、支障がないことを確認する
（裸足の場合は、測定センサーを足に専用接着剤とバンドで固定する）
- ③ データの誤差を減らすために参加者を約1分間歩行練習させる
- ④ 日常歩行の速度で右足基準12歩を歩行させる
- ⑤ 測定後、その結果を記録する
- ⑥ ②～⑤を3回実施する
- ⑦ 他の測定対象も再びランダムに一つを選択して、②～⑥を繰り返す

4-3 分析方法

本実験は、足長の 18cm 後半から 19cm 前半までの成長している被験者が、サイズ 18cm の靴が小さくなって交換直前の状態で、裸足と既製品または開発品を着用し、測定した。両足の歩行は対称であると仮定し、右足のデータを分析した。各領域別の特性を詳しく分析するため、7 個の解剖学的な領域細分化をさせて分析した。全てのデータは、SPSS14.0 win t-test を用いて統計処理し、 $p=0.05$ に設定した。

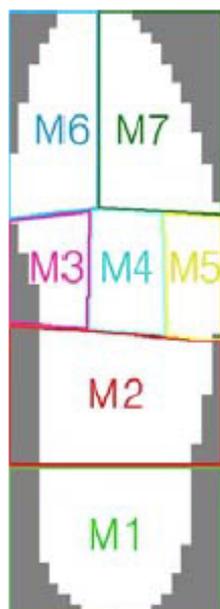


図 52 足の細分化

(1) Relative Impulse

本研究では、F-scan system を用いて力-時間積分値 (force-time integral, Ns) を測定した。Strube and Mueller の研究²⁹によると、Relative Impulse は、足の特定領域に実行した物理的な仕事を意味し、力動的な状態に体重負荷の程度を評価する有用な指標である。つまり、歩行周期の間に足全体に対する足の各領域で行われた運動量の割合として、体重にかかわらず足の特定領域に実行された物理的な仕事の相対的な割合を示すものである。また、Relative Impulse の測定は、単純な圧力の測定よりも臨床的意味があるため、足部の痛みや変形など足部の病態生理を反映する指標である。歩行時、足のどの部分又はどのような割合で、物理的仕事が行われかを確認できるため、測定した。

(2) 最大足底圧力 (直立/歩行)

Soames の研究³⁰によると最大足底圧力値は、1x1cm の単位面積に及ぶ力である。つまり、歩行時の地面から足に伝わる衝撃力 (Loading Response) を意味であり、足を通して体に負荷として作用する。そのため、足の病理的要素と変形の研究に適する。また、最大足底圧分析は客観的な歩行変数も把握可能である。

本実験には直立時と歩行時の特徴を比較するため、別途測定を行った。足が感じる圧迫、衝撃を把握できる要素として、細分化した足のどの部分に足に伝達された最大衝撃力を数値で比較できる。

(3) 足と地面の接触面積 (直立/歩行)

直立または歩行する際の足底が地面に接触する面積を測定した。圧力値にかかわらず足が地面に接触される領域の面積を確認して、歩行する間に活用され

²⁹ MJ Strube and MJ Mueller, Generalizability of in shoe peak pressure measures using the F-scan system, *Clinical Biomechanics*, 11(3), 159-162, 1996

³⁰ Soames R.W, Foot pressure patterns during gait, *Journal of Biomedical Engineering*, 7(2), 122-125, 1985

る足の部位の把握が可能である。直立時と歩行時の特徴を比較するため、別途に測定した。開発品は軟質の伸縮性がある素材で製作されたため、直立及び歩行時に地面と靴の接触部分の位置と接触量の程度が重要であるとみられた。

(4) 接地時間

歩行区間の IFC(Initial Foot Contact)から TO(Toe Off)まで各々の区間に足が地面に接触する時間である。具体的な歩行区間は図 53 である。

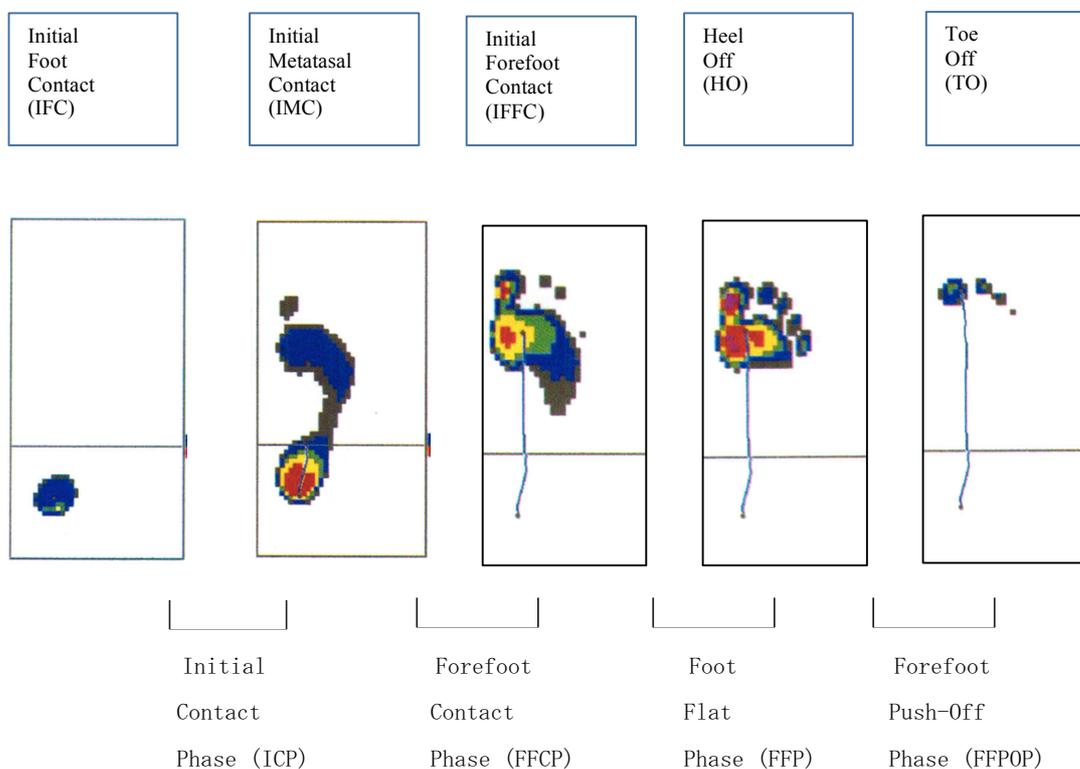


図 53 歩行区間

接触時間は、衝撃に対する補償するための時間である。したがって、歩行区間の中で、足の動作と衝撃量の比較が可能であり、歩行のパターンも予想できる要素であるため、測定した。

4-4 実験結果

(1) Relative Impulse

表 20 Relative Impulse

(%)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
A							
Mean	38.7	21.3	10.9	4.2	3.1	12.9	8.9
(SD)	(7.5)	(3.9)	(1.6)	(0.5)	(0.4)	(3.6)	(0.3)
B							
Mean	10.5	8.6	20.4	18.4	14.8	22.2	5.1
(SD)	(1.0)	(0.5)	(0.6)	(1.7)	(1.2)	(1.2)	(1.4)
C							
Mean	35.9	18.7	12.3	3.1	6.9	15.3	7.8
(SD)	(5.5)	(2.7)	(2.6)	(1.3)	(0.3)	(0.5)	(0.4)
D							
Mean	34.2	20.5	11.4	2.5	5.6	17.8	8.0
(SD)	(5.7)	(2.1)	(1.5)	(1.5)	(0.7)	(0.4)	(1.6)

単位 (%)

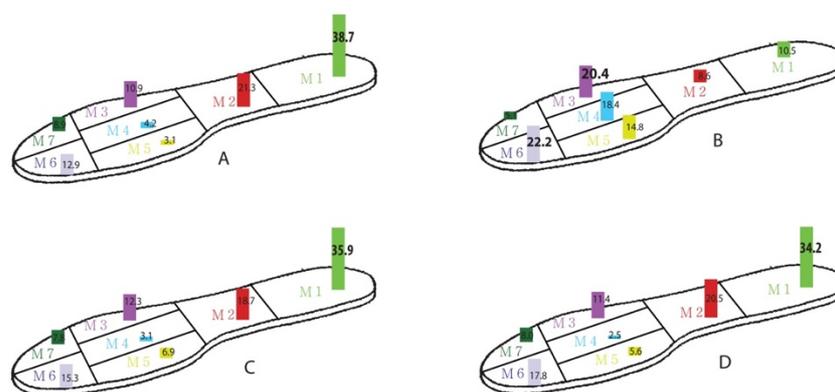


図 54 Relative Impulse の比較

A、C、DはM1領域である踵にRelative Impulseが最も高い。BはM6領域で最も高く、M3, 4, 5を含む前足部が全般的に高い結果が出た。

足を前足部、中足部、後足部として分けて、再びその割合を確認した。

A: 前足部 40 % 中足部 21 % 後足部 39 %

B: 前足部 80 % 中足部 9 % 後足部 11%

C: 前足部 45 % 中足部 19 % 後足部 36 %

D: 前足部 46 % 中足部 20 % 後足部 34 %

伸縮性がない素材のスニーカーを着用する場合は拇指を含む前足部の Relative Impulse が他の歩行よりも非常に高い結果が出た。また、中足部と後足部はを合わせても Relative Impulse が 20%しか出てなかった。しかし、裸足歩行と伸縮性ある靴の歩行は、50%以上を超える結果から足全体に均等に物理的な仕事が行われることが確認できた。

(2) 最大足底圧力

表 21 最大足底圧力 (直立時)

(Kpa)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
A							
Mean	68.7	36.2	17.6	12.9	10.5	19.6	7.7
(SD)	(10.4)	(4.8)	(1.5)	(1.8)	(0.4)	(0.3)	(2.2)
B							
Mean	47.3	15.0	38.2	27.8	32.9	40.8	11.2
(SD)	(3.1)	(2.4)	(0.5)	(0.6)	(4.3)	(1.8)	(1.2)
C							
Mean	59.6	28.1	21.2	12.6	9.8	17.4	5.7
(SD)	(7.2)	(3.9)	(2.4)	(1.8)	(0.7)	(1.2)	(1.3)
D							
Mean	65.6	37.9	17.5	10.2	9.2	13.7	7.8
(SD)	(6.5)	(4.2)	(2.8)	(0.3)	(0.5)	(0.7)	(0.5)

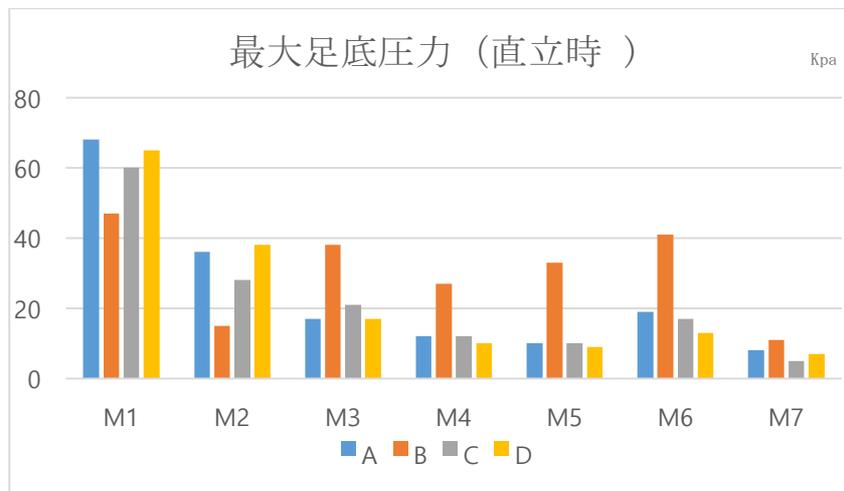


図 55 最大足底圧力 (直立時)

直立時に A, C, D は後足部の M1 に最も高い最大足底圧力値が出た。しかし、後足部に圧力が集中する結果が出た。B の歩行は他の歩行よりも M7 を除いた前足部に足底圧力が集中した。この結果を通して B が伸縮性のない素材の子供靴のため、靴が直接的に接触するつま先の部分に圧迫が加わって前足部に高い結

果が出たとみられた。一方、B の歩行に M2 の中足部に著しく低い結果から固定された靴の形態によって足の外側のみ圧迫が加わり、中足部は比較的荷がでない部分とみられた。

小指である M7 は共通的に最も低い最大足底圧力値が出た。この結果を通して、歩行前の直立時には小指にほとんど荷が加わっていない状態ということが確認できた。

表 22 最大足底圧力 (歩行時)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
A							
Mean	65.9	48.0	32.5	25.3	21.7	52.6	25.3
(SD)	(5.4)	(4.2)	(2.8)	(2.7)	(0.5)	(2.9)	(1.2)
B							
Mean	48.3	20.6	43.3	37.7	35.1	78.6	37.8
(SD)	(3.5)	(2.9)	(1.5)	(1.0)	(0.8)	(2.6)	(0.7)
C							
Mean	78.5	35.9	34.2	28.8	29.5	58.9	20.4
(SD)	(3.4)	(3.1)	(2.6)	(1.8)	(1.2)	(2.7)	(2.2)
D							
Mean	65.8	47.5	30.7	24.2	25.5	50.8	24.8
(SD)	(4.7)	(5.1)	(3.2)	(0.5)	(0.7)	(1.2)	(1.9)

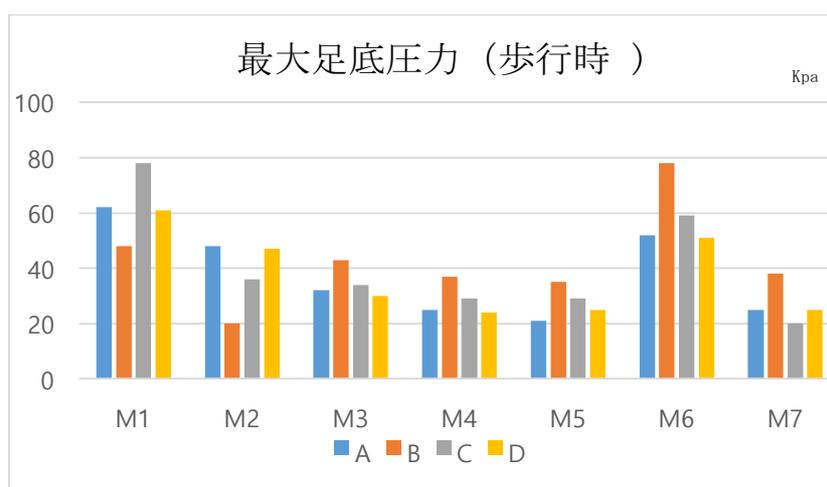


図 56 最大足底圧力 (歩行時)

直立時よりも全体的に最大足底圧力値が高くなる結果を通して、歩行時に足に一層負荷が加わることが分かった。B を着用した歩行は親指である M6 で最も高い最大足底圧力が現れたが、A、C、D の歩行は踵である M1 で最も高い足底圧力値が出て、特に C は最も高い数値がみられた。その結果から、スニーカーの B は親指、スキンシューズの C は踵に負荷による圧迫が発生したことが予想できた。

伸縮性のない素材のスニーカーである B を着用した歩行は、親指と共に小指である M7 の数値が高くなる結果を通して、歩行に動作が変わってから足指の全体に圧迫が増加したことがみられた。つまり、最大圧力の分布を通して、伸縮性のない素材のスニーカーは足指を含めた前足部に圧迫を感じたことが確認できた。ただ、中足部の M2 で著しく低い圧力値の結果が出て、直立から歩行に動作が変わった後にも中足部にはほとんど変化がないことが確認できた。

また、A と D の圧力分布の類似した結果を通して、裸足歩行と開発品の歩行では、歩行動作の以後に高まった最大足底圧力が共通的に足全体に均等に分散されたとみられた。

(3) 足と地面の接触面積

表 23 足と地面の接触面積（直立時）

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
A							
Mean	32.3	25.9	6.5	8.8	4.2	3.7	5.8
(SD)	(4.5)	(1.7)	(0.3)	(0.5)	(1.0)	(0.2)	(0.3)
B							
Mean	37.6	11.1	9.8	6.4	3.3	5.5	2.9
(SD)	(5.2)	(0.7)	(0.5)	(0.3)	(0.2)	(0.2)	(0.2)
C							
Mean	29.9	22.5	6.7	7.0	5.6	5.2	4.7
(SD)	(2.5)	(1.5)	(0.5)	(1.1)	(0.4)	(0.2)	(0.2)
D							
Mean	33.3	24.7	5.6	6.8	4.1	4.8	4.2
(SD)	(2.1)	(0.6)	(0.5)	(0.2)	(0.5)	(0.1)	(0.2)

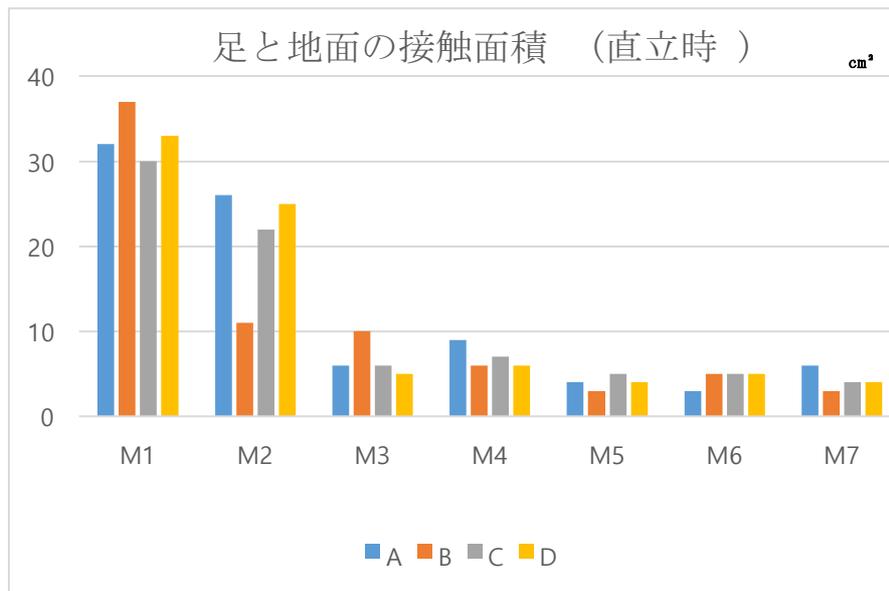


図 57 足と地面の接触面積（直立時）

直立時の足と地面の接触面積は、A~D の全てが同じように踵である M1 に最も高く結果が出た。中足部である M2 は 2 番目の高い結果が出た。ただ、

M2 は、A、C、D が B より 2 倍以上高い結果が出た。これは B が伸縮性のない素材の子供靴のため、固定された靴の圧迫によって、足が靴の中で安定的に広がらない状態の歩行とみられた。

また、前足部の接触面積は全体的にすべての歩行に類似した数値の結果が出て、直立時には靴の種類または着用状態に関係せず類似した接触状態であることがわかった。

表 24 足と地面の接触面積（歩行時）

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
A							
Mean	25.8	19.2	8.9	13.5	7.9	5.6	7.5
(SD)	(3.1)	(1.2)	(0.6)	(1.6)	(0.1)	(1.5)	(0.2)
B							
Mean	16.3	6.8	9.9	11.1	3.7	7.8	3.8
(SD)	(2.4)	(0.2)	(1.1)	(0.3)	(0.7)	(0.4)	(0.2)
C							
Mean	23.3	13.6	6.9	10.9	8.1	8.5	6.9
(SD)	(3.9)	(1.7)	(0.2)	(0.7)	(0.8)	(0.5)	(0.3)
D							
Mean	25.1	18.5	8.3	11.7	9.6	6.5	5.7
(SD)	(2.2)	(2.3)	(0.4)	(1.2)	(0.7)	(0.3)	(0.3)

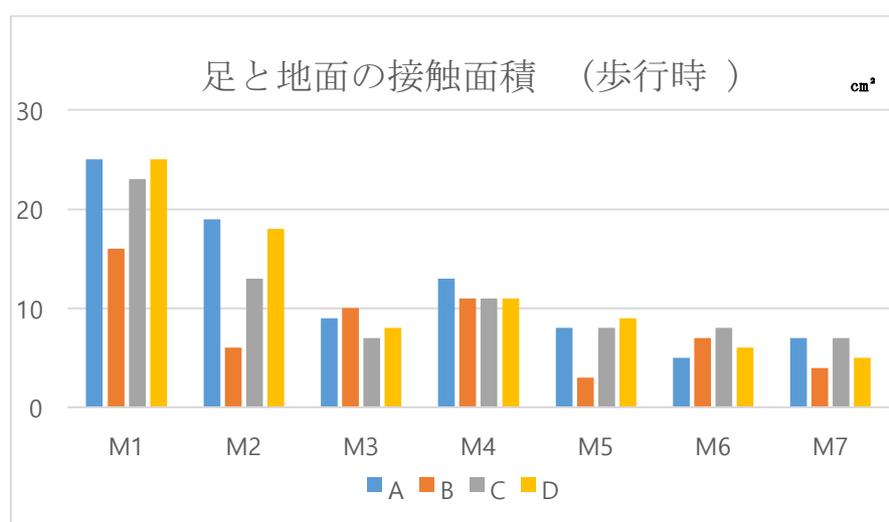


図 58 足と地面の接触面積（歩行時）

歩行時も全歩行に踵である M1 が最も広い接触面積である結果が出た。直立から歩行動作に変わった後も、中足部である M2 に A、C、D が B より 2 倍以上高い結果が同一である。ただ、伸縮性のない素材のスニーカーである B の歩行は直立時と比較して他よりも M1 の面積が幅多く減少した代わりに、M5 を除いた前足部の接触面積が全般的に増加したことが確認できた。

また、裸足歩行の A と開発品の歩行である D は、他の歩行よりも中足部の M2 を含めて、足全体を地面と接触し、活用する歩行とみられた。

(4) 接地時間

表 25 接地時間

	ICP	FFCP	FFP	FFPOP
A				
Mean	75.2	125.8	209.8	242.6
(SD)	(12.3)	(15.8)	(17.2)	(23.3)
B				
Mean	52.7	99.0	423.6	485.6
(SD)	(6.7)	(8.5)	(12.2)	(20.4)
C				
Mean	77.6	120.3	320.6	370.8
(SD)	(9.8)	(11.6)	(16.3)	(28.5)
D				
Mean	76.4	123.5	205.2	250.7
(SD)	(15.6)	(16.5)	(9.6)	(23.8)

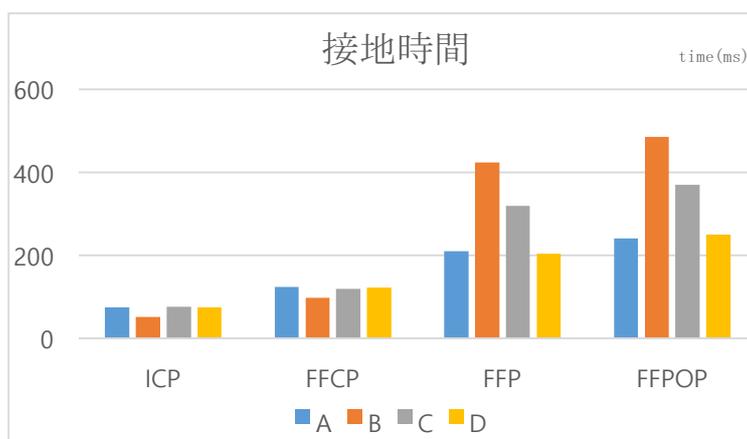


図 59 接地時間

全ての歩行が、後足部から中足部への移動である ICP から FFCP までの接地時間は相対的に短く、中足部から前足部への移動である FFP から FFPOP までの接地時間は相対的に長い傾向がみられた。特に、B は Heel Off と Toe Off の動作である FFP と FFPOP に両方ともに最も長い接触時間が現れた。この結果を通して、伸縮性ない素材のスニーカーである B を着用した歩行は、前足部に加わる衝撃が裸足歩行及び伸縮性ある靴を着用する歩行よりも大きいとみられた。

また、接触時間が短いということは、足底圧力の移動の進行が早いということの意味する。FFP と FFPOP に裸足歩行の A と開発品の歩行である D は類似した結果が出て、スキンシューズの歩行である C よりも短い接地時間の結果が出た。つまり、裸足歩行と開発品を着用した歩行は、負荷が歩行区間の中で、特定した一動作に集中してないため、補償時間が一定し、短くなった結果を通して他の歩行よりも圧力の移動が早くなる歩行だとみられた。

4-5 考察

この結果と先行研究をを通して、伸縮性ないスニーカーを着用した歩行は、ヒールストライクが弱くなり、前足部のFlatとPush offが強く発生して足指を含めた前足部を多く活用したForefoot Walkingとみられた。

しかし、伸縮性ある素材の靴を着用した歩行は、Forefoot Walkingと異なるパターンの歩行とみられた。つまり、スキんシューズと開発品は、伸縮性素材が活用されて、足に加わる局所的な圧迫から回避できるため、変形を誘発するForefoot Walkingを防止する子供靴とみられた。そして、その歩行は、探索に示したBarefoot Walkingと近接な歩行とみられた。この結果は、素材の伸縮性の有無によって歩行パターンが分かれたと考えた。ただ、その中で、開発品の歩行がスキんシューズの歩行よりも裸足歩行と類似した分析結果が出た。このような結果は、開発品が伸縮性ある素材で足全体に活用されたデザインの子供靴のためだと考えた。スキんシューズはアッパー部分のみ伸縮性素材で製作されたため、アッパー部分のみ伸びるデザインである。だが、開発品は、アッパーからアウトソールまで伸縮性素材で製作されて開発品の固有な特徴の靴全体が伸びるデザインである。それによって足全体が地面に接触され、さらに足を全般的に活用する歩行とみられた。特に、開発品はスキんシューズよりも中足部が地面と一層広く接触されて、裸足の地面接触面積と類似した結果が出たと考えた。何も着用せず、最も局所的な圧力から解放された状態を裸足歩行といえ、この実験を通して裸足歩行と最も近接な歩行が可能である子供靴は、開発品とみられた。

Ⅲ. 結論

多くの現代人が足の変形を経験しており、成長期の子供も例外ではない。しかし、足の変形の対策としては、手術以外に、一時的な処置が多く行われている。さらに、足の変形は一旦進行したら回復しにくい特徴があるため、予防効果を期待できるように足の変形が進行する前の対策が重要だと考えた。

一方、足の変形は様々な原因がある。多数の先行研究に、特に、足の変形の後天的な原因としてタイトな靴による局所的な圧迫を示した。足に加わる圧迫のない状態である裸足歩行のような歩行が可能である靴を着用した場合、局所的な圧迫による足の変形から回避できると考えた。

特に、成長期の子供の足は、絶えず成長するため、靴がタイトとなる時期が周期的、反復的に発生する。ゆえに、足に加わる局所的な圧迫も周期的、反復的に発生する。また、子供は大人と異なり、靴によって歩行が学習され、さらに身体発達と密接な関連のあるアイテムであることに注目した。したがって、本研究は、成長に合わせてサイズが変化する方法を採用し、局所的な圧迫を回避できる裸足歩行のような歩行が可能である子供靴のデザインを開発した。

まず、足の役割、歩行類型、子供靴の条件及びサイズの意味に対して探索した。また、足のサイズよりも小さい靴の着用法の中で、成長中である子供の足に合わせて着用が可能であり、靴による圧迫が局所的な部位に集中しない裸足のような状態となるように伸縮性ある素材を活用した子供靴の開発を提案した。

現在、マーケットに販売されている様々な伸縮性ある素材の既製子供靴を比較分析した。そして、その結果を参考にし、伸縮性がある素材を活用した新たに子供靴を開発した。開発品は、既製品のメリットが活用されたデザインとともに既製の限界点を解決できるデザインとなるように開発した。特に、本研究ではアッパーからアウトソールまで伸びる素材を使用し、足長だけではなく靴全体が拡張される子供靴をデザインした。素材の伸縮性によって靴の全体が伸びて、裸足歩行のような歩行が可能となるように製作した。製作後、子供靴の

条件を充足されているかを検討し、開発品の限界点は今後には様々な加工方法を通じた具体的な改善策も確認した。

検証のための歩行実験は、子供の足が成長して靴が小さくなる場合、開発品及び既製品を着用した歩行と裸足歩行を比較分析し、その中で裸足歩行と類似した歩行を確認する歩行実験を実施した。

伸縮性ない素材のスニーカーを着用した歩行は、先行研究によると足の変形を誘発する Forefoot Walking になるとみられた。伸縮性ある素材の靴を着用した歩行は、Forefoot Walking と異なるパターンであり、裸足歩行と類似した様相がみられた。ただし、開発品はスキンシューズとは異なり、アッパーからアウトソールまで足全体が伸縮性ある素材で製作したデザインによって局所的な圧迫がない裸足歩行と最も類似した歩行が可能である子供靴ということが歩行実験を通して検証できた。

このように開発品は、靴全体が伸びるデザインの特徴と共にアウトソールは着脱が可能であるデザインということが固有な特徴である。さらに開発品は、伸縮性ある素材のため、足長 16cm 未満の開発品は左右区別がないデザインとして、多様な形態の足に着用できるデザインである。

子供に対する研究は、縦断研究を通して一層確実な結果を得られると考える。製作した開発品が足の変形の予防にどのような影響を及ぼすかということに対しては、今後から追加的な研究が必要だと考える。具体的に必要な研究は、1年以上の開発品の縦断試着を通して、伸縮性ない素材の子供靴の試着と共に1年間の歩行パターンの変化を比較する研究が必要である。足の変形の原因である Forefoot Walking の発生、足の全体的な形態変化、足の変形の兆候などを確認する。特に、縦断試着を通して、日常活動の着用において発生した新たな問題、具体的なメリットとデメリットを分析するために、着用者と保護者に試着に対するアンケートの実施が必要である。

今後、本研究の開発品で発見される限界点及び問題点を解決するための方法を模索する縦断研究をしていきたい。

*参考文献

1) 論文及び学会誌

- 知念孝明, 他 : 足圧分布測定システム及びフットケアシートの活用による創処置の工夫, *J. Leprosy*, 77(1), 231-235, 2008
- 大塚 美智子 : 幼児の成長に伴う足部形態の変化, *日本生理人類学会誌*, 3(3), 97-104, 1998
- 増川武利, 他 : 足部内側縦アーチの違いが歩行周期歩行中の足圧中心軌跡に与える影響, *理学療法科学*, 33(2), 327-330, 2018
- 小松聡子, 他 : 機能的インソールの有無による子供靴の適合性と歩行への影響について, *新潟医療福祉学会術集会*, 20(1), 2010
- 河内まき子, 山崎信寿 : 足と靴型のアロメトリー, *J. Anthropol. Soc. Nippon*, 100(1), 1992
- 井原秀俊, 他 : 靴が姿勢制御に与える影響, *整形外科と災害外科*, 59(2), 238-241, 2010
- 奥村董, 他 : 靴着用時の姿勢と意識, *人間工学特別号*, 31(1), 482-483, 1995
- Takayuki Tsuru, Koreaki Yamakuma, et al., The Walking Exercise by Bare Foot Walking Theory, *整形外科と災害外科*, 40(2), 802-806, 1991
- Moon kwangsup and Kim sungok, 13歳未満の子供の足体型を考慮した靴型の標準化に関する研究, *韓国皮革研究所*, 12(1), 12-13, 2008
- Kyungduk Pyo and Chacheol Park, A study on the friction and anti-abrasion properties of rubber blends for shoes outsole, *Elastomers and Composites*, 46(4), 324-328, 2011
- Jeongeun Lee and Wolhee Do, A study of elementary school students' feet growth by 3D scan data, *Fashion & Text. Res. J.*, 16(6), 935-944, 2014
- In-Bae Kim, Tae-Sung Park, et al., Comparison of Barefoot and Shoe Gait Cycle, *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(1), 9-11, 2018
- Haesoo Park, A study A study on verification of shoe last grading

- system based on foot measuring data, Journal of the Ergonomics Society of Korea, 26(1), 71-77, 2007
- Bea HS, Park CI, et al., The change of plantar pressure and pathway of center of pressure in foot during the gait in normal preschool children, J. of Korean Acad of Rehab.Med., 25(6), 1041-1048, 2001
 - Jaewon Kim and Taehyun Park, Comparative analysis of plantar pressure and comfort level in developed domestic and import comfort shoes for elderly, J. Korean Soc.Precis, 30(4), 442-449, 2013
 - Younglim Choi, Research on growing progress of foot size to improve appellation of shoe sizes, J.Kor.Soc.Cloth.Ind., 14(3), 44-453, 2012
 - Changsang Yun and Yerin Go, The effects of washing and drying on the dimensional stability of woven fabrics with and without Spandex, Journal of the Korean Society of Clothing & Textile, 41(3), 458-467, 2017
 - Eunkyung Jeon and Jeehyun Moon, Analysis of elementary school boy's feet measurements for improvements in the suitability of children's Shoes, Journal of the Korean Society of Clothing & Textile, 41(6), 1154-1165, 2017
 - Soojin Park and Jinsang Kim, The analysis of center of pressure displacement under loading position during walking, Institute of Physics, 5(1), 15-24, 2010
 - Hogon Kim and Yongho Ha, The relationship between value recognition of exercise and healthcare footwear design element for children, Haback Design Laboratory, 12(1), 1-10, 2017
 - Chonghoon Lee and Kijeoung Nam, The comparative joint angle and load distribution analysis of barefoot walking and functional walking shoes, The Korean Journal of Physical Education, 54(1), 567-575, 2015
 - Eunmi Moon, Foot discomfort by foot shape, gait and shoe wearing characteristic, Journal of Korean Fashion Business, 21(3), 145-150, 2017

- Kyungok Lee, The effect of shoe type on plantar pressure distributions, *Journal of Korean Physical Education Association*, 24(4), 1-12, 2010
- Changyong Kim, The effect of biomechanical changes occurring in the foot to the difference of shoes in female on plantar fasciitis, *Journal of Korean Fashion Business*, 18(1), 91-93, 2014
- Yongho Ha and Hogon Kim, A comparative analysis of Korean, Chinese and Japanese Parents' perceptions for design elements of children's health care footwear, *Haback Design Laboratory*, 12(1), 17-27, 2017
- Kyoungok Lee, Giltea Yang, et al., Three dimensional kinematic analyses of the children's gait development process, *Korean Journal of Physical Education*, 41(2), 780-783, 2002
- Sim Booja and Yoo Hyun, Effects of shoe sizes on the inner environment of shoes, *Journal of Fashion Business*, 6(4), 151-162, 2002
- Younjong Kim and Wonsik Chae, The plantar pressure comparison between the curved rear balance shoes and normal shoes, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(3), 173-180, 2007
- K. Heajin, A Biomechanical Analysis of Gait Variables Associated with Different Heel Heights, *Journal of Korean Fashion Business*, 13(2), 72-73, 2009
- Seonkoo Park, Sibok Park, et al., The relationship between the foot pain and the foot deformity, *J. of Korean Acad of Rehab. Med.*, 18(4), 749-758, 1994
- Eunji Kim and Inkyu Paik, Waterborne polyurethane skin resin used in the fabrication of synthetic leather, *Korea Institute of Footwear Technology*, 54(1), 30-33, 2017
- Minho Kim and Kangmok Lee, An evaluation of the metatarsal arch of foot, *J. of Korean Acad of Rehab. Med.*, 18(4), 742-749, 1994
- Hunae Park, Study on Design of Shoes for Children focused on child under 9 years of age, *J. of Korean Product Design*, 7(1), 142-145, 1993

- Sibok Park, Teakyong Kim, et al., A study on assessment of medical longitudinal arch, Korean Acad of Rehad. Med , 19(1), 50-55, 1995
- Jordan C. and Bartlett R., Pressure distribution and perceived comfort in casual footwear, Gait & Posture, 3(4), 215-221, 1995
- Coughlin MJ, Hallux valgus. Causes, evaluation and treatment, Postgrad Med, 75(1), 174-187, 1984
- Loy D and Voloshin A, Biomechanical aspects of gait, Journal of Biomechanics, 20(9), 909-910, 1987
- D. Casey Kerrigan, Mary K., et al., Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 79(3), 317-320, 1998
- B.M Nigg and H.A. Balhsan, The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running, Journal of Biomechanics, 20(10), 953-957, 1987
- Henning EM and Rosenbaum D, Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults, Sage Journal, 6(1), 122-123, 1991
- Charles R.Y, The F-scan system of foot pressure analysis, Sage Journal, 10(1), 455-461, 1993
- Ahroni JH and Frosberg R, Reliability of F-scan in shoe measurements of plantar pressure, Sage Journal, 19(1), 670-673, 1998
- MJ Strube and MJ Mueller, Generalizability of in shoe peak pressure measures using the F-scan system, Clinical Biomechanics, 11(3), 159-162, 1996
- Soames R.W, Foot pressure patterns during gait, Journal of Biomedical Engineering, 7(2), 122-125, 1985
- TJ. Carl and SL. Barret, Computerized analysis of plantar pressure variation in flip-flops, athletic shoes and bare feet, Journal of the American Podiatric Medical Association, 98(5), 374-378, 2008

- Chard A. and Greene A., Effect of thong style flip-flops on children's barefoot walking and jogging kinematics, Journal foot and ankle surgery, 52(1), 51-52, 2013

2) その他

- 韓国人の健康実態, 国民健康保険 Webzine, 大韓民国国民健康保険公団, 12-14, 2015
- Hallux valgus report, Foot and ankle surgery, American foot care institute, 55-56, 2008
- 足型計測, 足型計測方法, 日本皮革産業連合会, 155-156, 1988
- Hawkins, 国内靴統計資料, 釜山靴振興院, 122-122, 2018
- Aquasocks(Nike), The world footwear year book, APICCAPS, 235-236, 2010
- Flyknit(nike), The world footwear year book, APICCAPS, 372-373, 2014
- Speedrunner (Balenciaga), The world footwear year book, APICCAPS, 76-77, 2017
- ネオプレンゴム, ファッション用語辞典, 韓国ファッション協会, 15-16, 2010
- EVA Former, LG Polymer Journal, LG Chem, 37-38, 2014

*あとがき

子供靴の研究をすると決めた際、周囲の人は驚いていました。元々専攻していた女子靴のデザインや、高齢者向けの機能性がある靴の研究の方が良いと言われました。しかし研究であるため、利益に左右されず、まだあまり触れられていないフィールドの問題を把握し、解決しようとする事により意味があると思いました。この研究が少しでも未来の社会に役立つことを願って、この研究を終えます。