

衝撃緩和クッション材における歩行感等の性能に関する検討

梅本 博一^{*1)}， 重本 憲佑^{*1)}， 安田 治^{*2)}

Study on Performance of Cushion for Reducing Impact Force of Fall in Walking

UMEMOTO Hirokazu^{*1)}， SHIGEMOTO Kensuke^{*1)}， YASUDA Osamu^{*2)}

本研究開発は、県内企業が製造している発泡樹脂を活用し、年々増加傾向にある高齢者の転倒事故による大腿骨頸部骨折のリスクを低減させることを目的とする。前報では、転倒時に床との間で起こる衝突現象を再現できる評価装置を製作し、衝突現象を模擬した状況下で荷重、加速度及び変位をクッション材ごとに比較評価することによって当該発泡樹脂が高齢者の転倒事故による大腿骨頸部骨折リスクの低減に有効であることを見出した。本報では、当該発泡樹脂を対象として歩行用クッション材への適用について検証するため、上敷きなし及び3種類の上敷きを組み合わせた状態での衝撃緩和性能及び歩行感に関する評価を行った。その結果、当該発泡樹脂製のクッション材は市販のジョイントマットよりも衝撃緩和性能に優れており、滑りや安心に関する歩行感は同程度であることなどがわかった。これらのことから、県内企業が製造する発泡樹脂が骨折リスク低減効果のある歩行用クッション材として適用できることを明らかにした。

1. 緒言

近年、高齢社会となった我が国において転倒事故対策は、重要な課題の一つとなっている。厚生労働省による「不慮の事故死亡統計」(平成21年度)によると、主な不慮の事故の種類別にみた死亡数の年次推移において「転倒・転落」によるものが平成7年の5911人から平成20年の7170人まで増減を繰り返しながらも増加傾向にある。また、「国民生活基礎調査」(平成22年度)によると、要介護となった原因のうち骨折・転倒は約10%を占めており、その数字は脳卒中、認知症及び高齢による衰弱に次いで4番目に多い。さらに、日常生活の中の事故で救急搬送されている高齢者の約8割が転倒事故によるものであることも東京消防庁により報告されている。高齢者の転倒事故は大腿骨頸部骨折を引き起こし、そのまま歩行不能な状態、すなわち寝たきりとなることが多いことから、転倒事故対策の重要性及び緊急性は明白である。

現在、転倒による衝撃荷重を緩和できる商品としては、ジョイントマットや衝撃吸収パッド付き下着(ヒッププロテクタ)などがある。ジョイントマットは、多くの家庭で幼児の転倒事故対策のために床材の上に設置、使用されているが、対象が体重の軽い幼児であり、高齢者が転倒した際の衝撃荷重緩和効果は明らかにされていない。また、ヒッププロテクタは装着時の違和感などを理由に現在でも装着率が高いとは言えないことに加えて、未装着時は転倒事故による骨折のリスクを低減できない課題もある。

そこで、著者らは高齢者の転倒事故による大腿骨頸部骨折に着目し、県内企業が製造している発泡樹脂の性能を明らかにして高機能化するために、衝突現象を再現できる衝

撃緩和評価装置を製作して評価した。その結果、当該発泡樹脂が骨折リスク低減に対して有効であることを前報で報告した¹⁾。

本報では、骨折リスクの低減に有効であると考えられる発泡樹脂を対象として、歩行用クッション材への適用について検証するために当該発泡樹脂製のクッション材を上敷きと組み合わせた状態での衝撃緩和性能及び歩行感について評価した。

2. 実験方法

2.1 クッション材と上敷きの組み合わせ

前報において評価を実施したクッション材の中で衝撃緩和性能が最も優れていることが明らかとなった(株)安田プラスチック製のスチレン・オレフィン系の発泡樹脂(以下、E-100NFという)製クッション材(厚さ20mm)と市販のジョイントマット(厚さ10mm)にそれぞれ市販のゴザ、パンチカーペット及びクッションフロアを上敷きに敷いた。組み合わせを表1に、それらの外観を図1に示す。

2.2 一定温度下での衝撃緩和性能評価

表1に示した2種類のクッション材の上敷きなしを含む4種類の上敷きを組み合わせた状態での衝撃緩和性能を評価した。そこで、前報で製作した衝撃緩和評価装置を使用し、筋弛緩状態下での転倒時の衝撃荷重である5600N²⁾が発生するように設定し、動力計の上にクッション材と上敷きとを組み合わせたものを設置した上に順次衝突させ、第1次衝撃荷重を3回ずつ測定した。実験状況を図2に示す。短時間で生じる衝突現象を把握するためにサンプリン

^{*1)} 基盤技術・ソリューショングループ(現 機械・計測・ITグループ)

^{*2)} 株式会社安田プラスチック

グ周波数を 16384Hz, 荷重計測時のハイパスフィルタを 7Hz とした. なお, 試験環境温度は 23±1℃とした.

【硬い - 柔らかい】, 【滑りやすい - 滑りにくい】及び【安心 - 不安】に関してアンケートを実施し, その平均値を分散分析にて検定をした. 実際の実験風景を図 3 に示す.

表 1 クッション材と上敷きの組み合わせ

No.	クッション材	上敷き
1	なし	なし
2	ジョイントマット EVA系 厚さ10mm	なし
3		ゴザ
4		パンチカーペット
5		クッションフロア
6	E-100NF スチレン+オレフィン系 厚さ20mm	なし
7		ゴザ
8		パンチカーペット
9		クッションフロア

表 2 被験者構成

年代	男	女	計
20	4	4	8
30	4	1	5
40	6	5	11
50	2	3	5
60	1	0	1
計	17	13	30

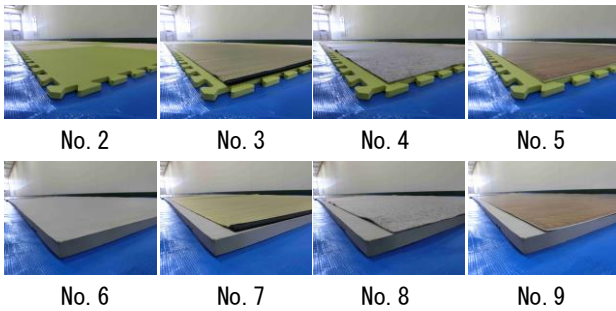


図 1 クッション材+上敷きの外観



図 3 実験風景 (感性評価) (No. 9)

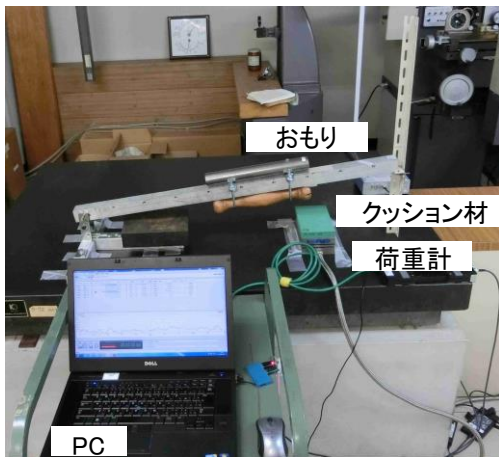


図 2 実験状況

2.3 歩行感に関する感性評価

全てのクッション材と上敷きとを組み合わせたシートの歩行感を比較し, 評価するために, VAS 法³⁾による感性評価を実施した. 表 2 に示す性別と年代構成の被験者 30 名にインフォームドコンセントを実施した後, 用意したフットカバーを着用し, 長さ約 10m のクッション材と上敷きを表 1 のとおり組み合わせさせたシートの上を歩行してもらった.

3. 結果及び考察

3.1 一定温度下での衝撃緩和性能評価結果

図 4 は, 衝撃荷重測定結果を示す. ジョイントマットの場合, 上敷きがゴザ, パンチカーペット, クッションフロアの順に衝撃荷重が減少し, 衝撃緩和性能が向上している. 一方, E-100NF の場合, 上敷きの有無及び種類に依存せず衝撃緩和性能はほぼ一定であることがわかる. さらに, E-100NF の場合, 全ての組み合わせで衝撃荷重は, 高齢者の大腿骨頸部骨折発生の閾値である 2110N⁴⁾の半分以下である. このことより, クッション材の衝撃緩和性能が向上することによって上敷きの種類によらず衝撃緩和性能を維持できることがわかる. しかし, ジョイントマットの場合, 上敷きの有無及び種類によらず衝撃荷重が閾値 2110N よりも大きいことから, 高齢者における転倒時の骨折リスク低減にはほとんど効果がないことを確認できる.

3.2 歩行性能に関する感性評価結果 (全体)

3.2.1 柔らかさ

図5は、柔らかさに関する感性評価結果を示す。上敷きなしのジョイントマット(No. 2)を基準として比較すると、ジョイントマットにゴザまたはパンチカーペットを上敷きにしたNo. 3, 4とE-100NFの全ての種類の上敷きNo. 6~9が有意に柔らかく感じられている。また、No. 2~5とNo. 6~9とを比較すると、上敷きの種類に関わらずE-100NFの方がジョイントマットよりも柔らかく感じられている。

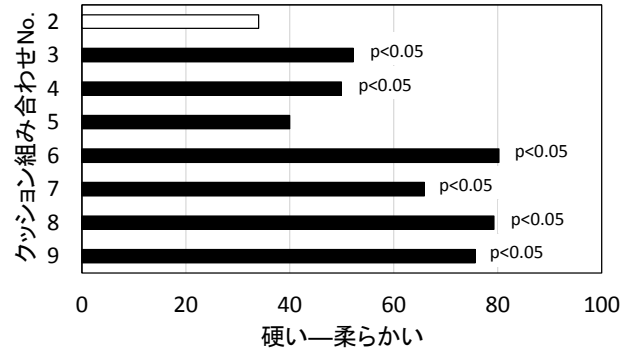


図5 感性評価結果 (柔らかさ)

3.2.2 滑りにくさ

図6は、滑りにくさに関する感性評価結果を示す。3.2.1節と同様にNo. 2を基準として比較すると、ジョイントマットにパンチカーペットを上敷きにしたNo. 4とE-100NFに上敷きなし及びパンチカーペットを上敷きしたNo. 6, 8が有意に滑りにくく感じられている。また、ジョイントマット及びE-100NFともにクッションフロアを上敷きにしたNo. 5, 9は有意に滑りやすく感じられた。上敷きがある場合は、クッション材の種類にかかわらずパンチカーペット、ゴザ、クッションフロアの順に滑りやすくなることがわかる。

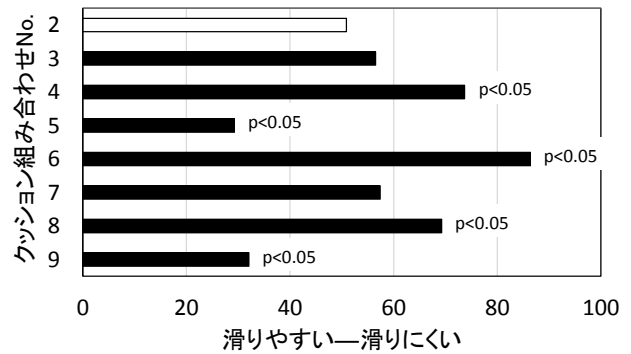


図6 感性評価結果 (滑りにくさ)

3.2.3 不安感

図7は、不安感に関する感性評価結果を示す。3.2.1節と同様にNo. 2を基準として比較すると、ジョイントマット及びE-100NFともにクッションフロアを上敷きにしたNo. 5, 9は有意に不安と感じられている。一方、ジョイントマットにゴザ及びパンチカーペットを上敷きにしたNo. 3, 4は有意に安心と感じられている。

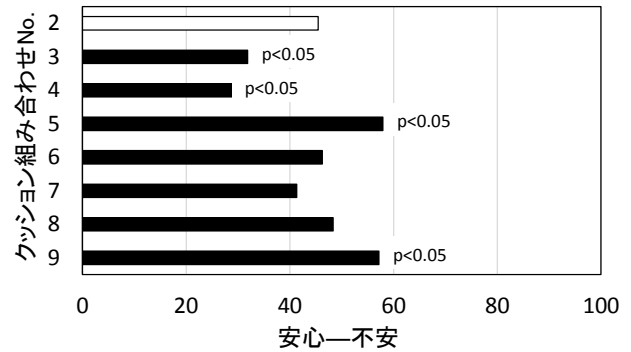


図7 感性評価結果 (不安感)

図8は、全ての組み合わせのクッションにおける滑りにくさと不安感との相関を示す。直線回帰より2次の曲線回帰の決定係数が2倍程度大きくなっており、滑りにくさが小さくても大きくても不安感は大くなる傾向があり、不安感を小さくする適度な滑りにくさがあると考えられる。

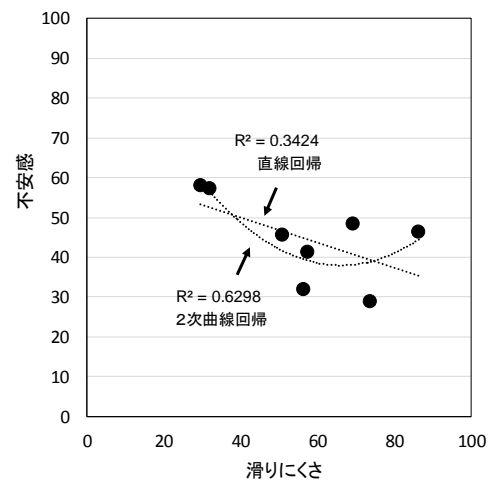


図8 相関図 (不安感-滑りにくさ)

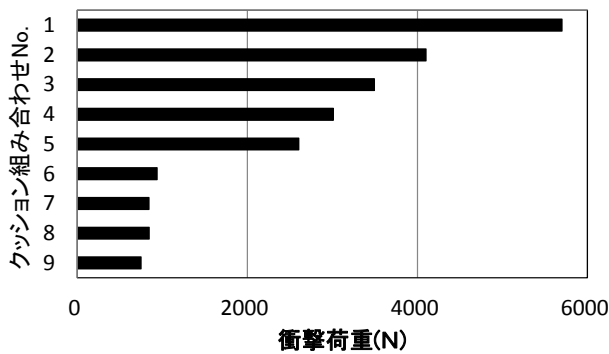


図4 衝撃荷重結果

3.2.4 年代別感性評価比較結果

図9は、3.2.1～3.2.3節で検討した感性評価を20,30代(13人)と40,50,60代(17人)とに分けた感性評価結果を示す。柔らかさ、滑りにくさ及び不安感に関する結果は、全ての組み合わせにおいて年代で大別して評価した結果も全体で評価した結果とほぼ同じ傾向を示している。

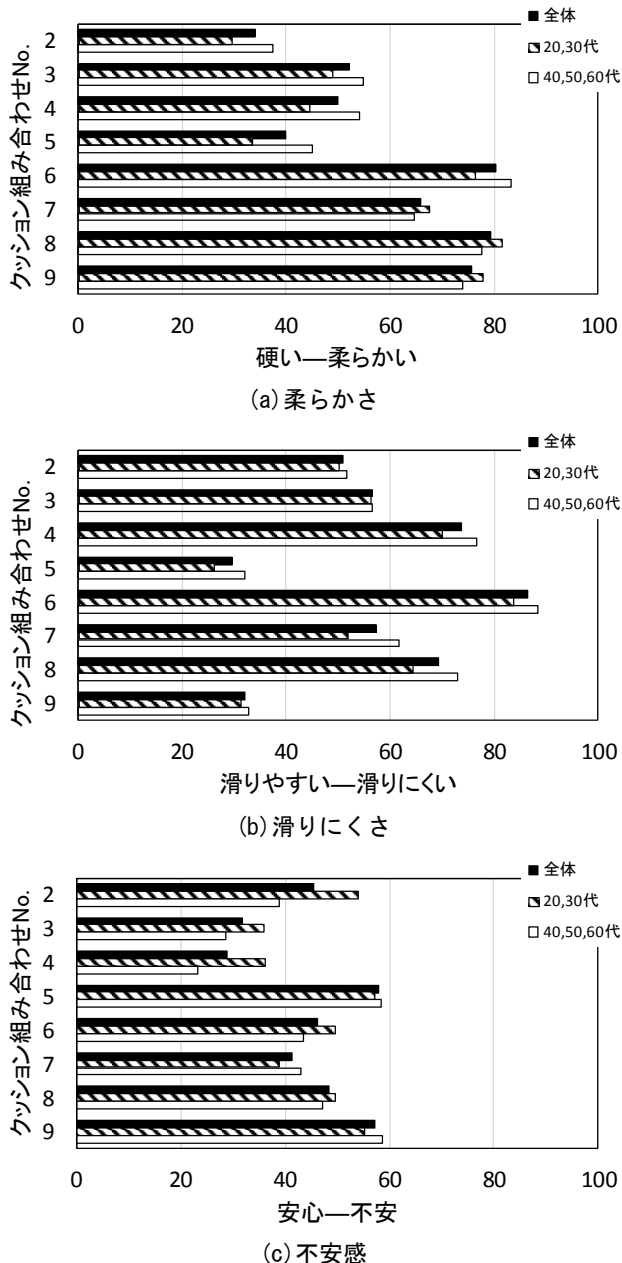


図9 年代別感性評価結果

4. 結言

高齢者の転倒事故による大腿骨頸部骨折リスクの低減に有効であることを見出した発泡樹脂 E-100NF を用いて、歩行用クッション材への適用について検証した。市販のゴザ、パンチカーペット及びクッションフロアを E-100NF 及

び市販のジョイントマットの上に敷いて、それらの衝撃緩和性能及び歩行感(感性評価)について比較評価した。その主な結果は、次のとおりである。

- (1) E-100NF は、ジョイントマットと比較して、衝撃緩和性能が優れており、上敷きの有無及び種類によらず緩和性能はほぼ一定であり、高齢者の大腿骨頸部骨折リスクの低減に効果があることが確認できた。また、市販のジョイントマットの場合、上敷きなし、ゴザ、パンチカーペット、クッションフロアの順に衝撃緩和性能が向上した。
- (2) 柔らかさに関する感性評価の結果、上敷きなしのジョイントマットと比較して全ての種類の上敷きの E-100NF が有意に柔らかく感じられた。
- (3) 滑りにくさに関する感性評価の結果、上敷きなしのジョイントマットと比較して上敷きなしの E-100NF、パンチカーペットを上敷きとしたジョイントマット及び E-100NF は有意に滑りにくく感じられた。また、クッションフロアを上敷きとしたジョイントマット及び E-100NF は有意に滑りやすく感じられた。
- (4) 不安感に関する感性評価の結果、上敷きなしのジョイントマットと比較して、クッションフロアを上敷きとしたジョイントマット及び E-100NF は有意に不安と感じられた。また、ゴザ及びパンチカーペットを上敷きとしたジョイントマットは有意に安心と感じられた。
- (5) 滑りやすくても滑りにくくても不安感が大きくなる傾向があり、不安感を小さくするための適度な滑りにくさがあると考えられる。
- (6) 歩行に関する感性評価において、年代別に分けて評価した結果、全ての評価指標において全体で評価した結果とほぼ同じ傾向を示すことを確認した。

本研究で使用した衝撃緩和性能評価装置に組み込んだ計測データ解析装置は、公益財団法人 JKA 「機械工業振興補助事業」により導入、設置した装置である。



参考文献

- 1) 梅本博一, 重本憲佑: 衝撃緩和クッション材の開発(第1報). 奈良県産業振興総合センター研究報告書, No.41(2015), 19
- 2) Robinovitch SN, Hayes WC, McMahon T A: Prediction of Femoral Impact Forces in Falls on the Hip. Journal of Biomechanical Engineering, Vol.113(1991), 366
- 3) 七堂利幸: 鍼灸臨床効果判定で使う Visual Analogue Scale. 全日本鍼灸学会雑誌, Vol.46-1(1996), 7
- 4) Courtney Amy C, Wachtel Edward F, Myers Elizabeth R, Hayes Wilson C: Age-Related Reductions in the Strength of the Femur Tested in a Fall-Loading Configuration. The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol.77(1995), 387