

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	各種動作時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	福田眞太郎
Author(English)	Shintaroh Fukuda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第4171号, 授与年月日:2019年1月31日, 学位の種別:論文博士, 審査員:横山 裕,坂田 弘安,五十嵐 規矩夫,三上 貴正,堀田 久人
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4171号, Conferred date:2019/1/31, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

各種動作時の快適性からみた  
上足床のかたさの評価方法に関する研究

平成 31 年 1 月

東京工業大学 環境・社会理工学院 建築学系

福田眞太郎

# 目次

第1章 序論.....	1
1.1 研究の背景.....	2
1.2 研究の目的と範囲.....	3
1.3 既往の研究.....	4
1.4 研究の方法.....	6
第2章 足触りの影響でかたさの評価が低下する床の判別方法の提示.....	8
2.1 本章の目的.....	9
2.2 心理学的尺度の構成.....	10
2.2.1 官能検査の概要.....	10
2.2.2 官能検査の経過, 結果および心理学的尺度の構成.....	12
2.2.3 心理学的尺度相互の関係の検討.....	12
2.3 日本建築学会床性能評価指針の適用性の検討.....	13
2.3.1 指針に規定された測定装置および性能値の概要.....	13
2.3.2 試料床の性能値の測定.....	13
2.3.3 心理学的尺度と性能値の関係の検討.....	15
2.4 測定装置の仕様の検討.....	17
2.4.1 基本方針.....	17
2.4.2 荷重板の底面形状に関する検討.....	17
2.4.3 仕様変更後の測定装置の概要.....	21
2.5 測定装置による変形挙動の測定および心理学的尺度との関係の検討.....	23
2.5.1 試料床の変形挙動の測定.....	23
2.5.2 変形の面的な広がりの影響に関する検討.....	25
2.5.3 変形の時間的な変化の影響に関する検討.....	29
2.5.4 変形の面的な広がりと時間的な変化の要因を複合した判別方法の検討.....	29
2.6 判別方法の提示.....	32
2.7 本章の結論.....	33
第3章 各種動作時の快適性からみたかたさに関する心理学的尺度の構成.....	34
3.1 本章の目的.....	35
3.2 対象動作の選定.....	36
3.3 心理学的尺度の構成.....	37
3.3.1 官能検査の概要.....	38
3.3.2 官能検査の経過, 結果および心理学的尺度の構成.....	40

3.4	心理学的尺度相互の関係の検討 .....	41
3.4.1	評価の観点による心理学的尺度相互の関係の検討 .....	41
3.4.2	動作による心理学的尺度相互の関係の検討 .....	44
3.5	床のかたさの評価の観点に基づいた動作の分類 .....	50
3.6	本章の結論.....	51
第4章	歩行時の快適性からみたかたさの評価方法の提示.....	52
4.1	本章の目的.....	53
4.2	測定装置による変形挙動の測定および心理学的尺度との関係の検討 .....	54
4.2.1	試料床の変形挙動の測定.....	54
4.2.2	判別方法の適用性の確認.....	55
4.3	足触りの要因を加味した評価方法の検討 .....	57
4.3.1	緩衝作用, 復元作用を表す性能値の測定方法の再検討 .....	57
4.3.2	足触りを表す性能値の検討 .....	57
4.3.3	緩衝作用, 復元作用, 足触りの要因を複合した性能値の検討 .....	58
4.4	評価方法の提示 .....	61
4.5	本章の結論.....	62
第5章	上足床特有の動作時の快適性からみたかたさの評価方法の提示 .....	63
5.1	本章の目的.....	64
5.2	日本建築学会床性能評価指針の適用性の検討 .....	65
5.3	測定装置の仕様の検討.....	70
5.3.1	基本方針.....	70
5.3.2	静的载荷装置の概要.....	70
5.4	測定装置による変形挙動の測定および心理学的尺度との関係の検討 .....	72
5.4.1	試料床の変形挙動の測定.....	72
5.4.2	性能値の検討 .....	72
5.5	評価方法の提示 .....	84
5.6	本章の結論.....	85
第6章	結論.....	86
参考文献	.....	89

第 1 章  
序論

## 第1章 序論

### 1.1 研究の背景

建築物の床は、人間が動作時に床に与える荷重に応じて、たわんだり、へこんだり、はね返ったりする。このような鉛直方向の変形に起因する床のかたさは、心地よさ、動作のしやすさ、いたさなど、動作する人間の快適性に大きく影響する。動作時の快適性からみた床のかたさの評価方法は、日本建築学会床性能評価指針<sup>1)</sup>に規定されている。この方法は、小野ら<sup>2),3)</sup>の研究成果に基づいている。具体的には、当時普及していた様々な材料、構法の床を用いて、日常的な動作5種(歩行、立位、腰下ろし、正座、横臥回転)を対象に検討されたものである。

この評価方法が確立された以後も、それまでなかった材料、構法を用いた床が多く開発、採用されてきている。例えば、遮音フローリングや乾式遮音二重床、衝撃緩和型床などが挙げられる。遮音フローリングは、清掃性、衛生性を確保しつつ、床衝撃音が下階へ伝わりにくくする目的で作られたものである。乾式遮音二重床は、下地の不陸を束脚で調整することで容易に平坦な床面を構成でき、また床下に電気配線や配管を通すことができる乾式二重床のうち、床衝撃音遮断性を向上させるために束脚底面のゴムをやわらかくしたものである。衝撃緩和型床は、中間層に緩衝材を設け、転倒時に頭部が床と衝突しても致命的な損傷が発生しないように開発された床である。このような床の中には、指針に規定された評価方法では適切に評価できないものが存在することが知られている。遮音フローリングを例に挙げると、遮音フローリングを施工した床は、歩行、立位の際に「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった特異な感触が生起されて足触りが悪く、実際に動作を行うと“不適である”と評価されるにもかかわらず、指針の評価方法を適用すると“適している”と評価される場合があることが確認されている。また、腰下ろし、正座、横臥回転については、遮音フローリングや乾式遮音二重床をはじめとした新たな材料、構法の床への評価方法の適用性は十分に検討されていない。

一方、我が国の住宅をはじめ、高齢者施設、幼児施設、リハビリ施設などの床は、靴を脱いで使用することが大きな特徴である。本研究では、このような床を、靴を履いて使用する下足床と反対の意味で、“上足床”と呼ぶこととする。上足床では、下足床とは異なり、足裏が接触する歩行、立位だけでなく、より様々な動作が行われることが予想される。例えば、日常的な動作として、腰下ろし、立上り、寝返り、膝歩きなどの動的な動作のほか、静的な動作(姿勢)についても正座、あぐらなどの座位や、仰向け、うつ伏せなどの臥位が挙げられる。動作の多様化にともない、動作時に床と接触する身体部位や、接触時の床および身体部位の挙動なども著しく多様化する。そのため、上足床で行われる種々の動作についてより詳細に評価方法を整備する必要がある。

## 1.2 研究の目的と範囲

本研究は、様々な動作が行われる上足床を対象に、心地よさ、動作のしやすさ、いたさなどの快適性からみた床のかたさの評価方法を動作ごとに確立し、体系的に整備することを目的とする。本研究で対象とする動作は、上足床で日常的に行われる動作とし、高齢者施設や幼児施設、リハビリ施設などで行われる介助動作や育児動作などの特殊な動作を対象とした評価方法は、本研究で日常的な動作を対象とした評価方法を確立した後の課題とする。また、本研究で対象とする床は、材料、構法は特に限定せず、指針を適用できない新たに開発された床を含め、実在する、あるいは今後開発されると思われる種々の材料、構法の床に適用できる評価方法を確立することとする。

本研究では、床の変形から生起される感覚のみを対象とし、すべりや温冷感など他の要因から生起される感覚は範囲外とする。また、床の変形から生起される感覚のうち、すでに妥当な評価方法が確立され、かつかたさの適性からみた評価への影響度合いが明確になっている<sup>4)~7)</sup>振動は、本研究の対象外とする。

本研究では、個々の上足床の具体的評価や、快適性の観点から優れた上足床の開発、設計などは、範囲外とする。

### 1.3 既往の研究

歩行など日常的な動作時の床のかたさ、感触などについて検討した研究例として、床性能評価指針の基となっている小野ら<sup>2),3)</sup>の研究の他に、井上、富田ら<sup>8)-19)</sup>、川村<sup>20)-22)</sup>の研究が挙げられる。

小野らは、歩行、立位、腰下ろし、正座、横臥回転の5種の動作を対象に、動作時に感じる床のかたさの程度、およびかたさの適、不適などに関する官能検査を実施し、心理学的尺度を構成している。また、人間が歩行動作中の踵着地時に床に与える荷重を置換し、比較的単純な機構でこれと同等の荷重を与えた時の床の動的変形挙動を測定できる“床のかたさ測定装置”を開発している。さらに、装置による測定結果と心理学的尺度の関係に基づいて、床のかたさの定量的な評価方法を確立している。この評価方法は、日本建築学会床性能評価指針<sup>1)</sup>に規定されている。

しかし、1.1で述べた通り、近年新たに開発されてきた床の中には、歩行、立位時の特異な感触の影響で評価が低下するものがある。このような床は、腰下ろし、正座、横臥回転を対象とした場合の評価方法の適用性について十分に検討されていない。そこで、本研究では、新たな床を含めた床性能評価指針の適用性について検討し、指針の適用範囲を明確にする。

井上、富田らは、直貼り木質フローリング床や防振置床など、床衝撃音遮断性の向上を意図して開発された床を含む種々の床での歩行感について、様々な角度から詳細な検討を行っている。この研究では、人間が歩行時に床に与える荷重を踵部、前足部、指部の足裏各部が床に与える荷重に分けて求め、これらをシミュレートした試験用衝撃源や歩行衝撃シミュレータを開発している。また、開発した衝撃源やシミュレータで測定される動的変位量や動的ばね定数などと歩行感との関係を、床仕上げ構造や、成人および動作の特性により分類した高齢者のグループごとに検討している。さらに、重量床衝撃音遮断性能測定用衝撃源であるゴムボールを用い、かたさ感覚やたわみ感覚と床仕上げ構造ならびに床下地構造との関係について検討している。

井上、富田らの研究は、曲げ変形と局部圧縮変形での変形パターンや変形の復元量の違い、すなわち変形の面的な広がりや時間的な変化に着目している点で、本研究と共通する部分が多く、参考となる結果も示されている。しかし、井上、富田らの研究は、歩行感と床衝撃音遮断性を両立した床の開発に直接活用できる実務的な知見の集積と開発指針の提示を目的としたものであり、性能に基づいた床の設計、選択などに必要不可欠な、様々な材料、構法の床に共通に適用できる床のかたさの評価方法の確立を目的とした本研究とは、基本的な立脚点が異なる



研究と位置付けられる。例えば、井上ら<sup>13)</sup>が開発した歩行衝撃シミュレータは、歩行者が床に与える荷重や足裏の接地状況を接触面積や重心の時間変化なども含めて厳密にシミュレートしたものであり、床の変形の面的な広がりや時間的な変化を詳細に把握し、開発に活用できる知見を得るうえでは理想的な装置と思われる。しかし、機構が複雑で大がかりであるため、数多くの床を評価する際の測定の簡便さや、実際に施工された建築物床での測定の可否などの観点からは、実用的とはいいがたい。

川村は、カーペット類を対象に、座りおよび歩行時に感じるやわらかさや安定性と、静的載荷試験により得られる床の変形エネルギーとの関係を検討している。この研究は、カーペット類で特に重要となると思われる軽微な荷重領域からの変形を考慮している点で本研究と共通しているが、遮音フローリングなどで問題となっている「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった特異な感触に関する検討は行っていない。

また、本研究に関連して、床のかたさを扱っている研究に、小野、三上ら<sup>23-24)</sup>の研究が挙げられる。小野、三上らは、おもに水回りなどにすべり止めの目的で表面に鋭角的な凹凸が施された床を対象に、肘や膝などの身体部位を押し付けた際のいたさについて検討を行っている。この研究では、身体押し付け時のいたさには、鋭角的な凹凸による肌へのくい込みおよび肌への引っかかりに加え、床のかたさが影響していると考慮し、それらを複合した評価方法を確立している。このうち、肘や膝などの身体部位を押し付けた際に感じる床のかたさには、身体部位が接触する局所的な変形が寄与していることを明らかにしている。小野、三上らの研究成果は、本研究で対象とする、おもに足裏以外が床と接触する動作時のかたさの評価方法に応用できる可能性があると考えられるため、新しい床も含めた種々の試料床への適用性の検討を行うこととする。

日本国外で、上足床で行われる各種動作を対象としたかたさ、感触などについて検討している研究は、見当たらない。これは、我が国のように建物内を靴を脱いで使用する文化が、他国にはほとんど見られないことによるものと推察される。

## 1.4 研究の方法

本研究の手順は、以下の通りである。

- 1)2章において、歩行、立位時に生起される感触（以降“足触り”と記す）の影響でかたさの評価が低下し、指針に規定された評価方法を適用できない床を判別する方法を提示する。
- 2)3章において、種々の動作時の快適性からみたかたさに関する官能検査を実施し、心理学的尺度を構成する。構成した心理学的尺度の関係を検討し、上足床のかたさを評価するうえで代表的な動作を選定する。なお、本章の検討の結果、かたさを評価する観点では、上足床で行われる日常的な動作は、足裏のみが床と接触する歩行と、腰下ろしや正座、仰向けといったおもに足裏以外が床と接触する動作（以降“上足床特有の動作”と記す）に大きく分類される。
- 3)4章において、3章で選定した動作のうち、既往の研究や2章などで比較的多くの研究成果が蓄積されている歩行を対象に、快適性からみたかたさの評価方法を提示する。
- 4)5章において、3章で選定した動作のうち、上足床特有の動作を対象に、快適性からみたかたさの評価方法を提示する。

以上であるが、本研究における検討は、全体を通して以下の手法で行う。

- a) 多様な変形性状を有する試料床を選定，製作する。
- b) 選定した試料床を対象に官能検査を実施し、心理学的尺度を構成することで人間の評価を定量化する。
- c) 指針に規定された測定装置を用いて、選定した試料床を対象に性能値を測定する。
- d)b) で構成した心理学的尺度と、c) で測定した性能値の関係を検討し、指針の適用性を確認する。
- e)d) で指針を適用できない床が存在した場合、既存の測定装置を改良したり、新たな測定装置を開発する。改良，開発した装置を用いて、選定した試料床の変形挙動を測定する。
- f)b) で構成した心理学的尺度と、e) で測定した変形挙動の関係を検討し、判別方法、あるいは評価方法を確立する。

図 1.1 に、本研究のフローチャートを示す。

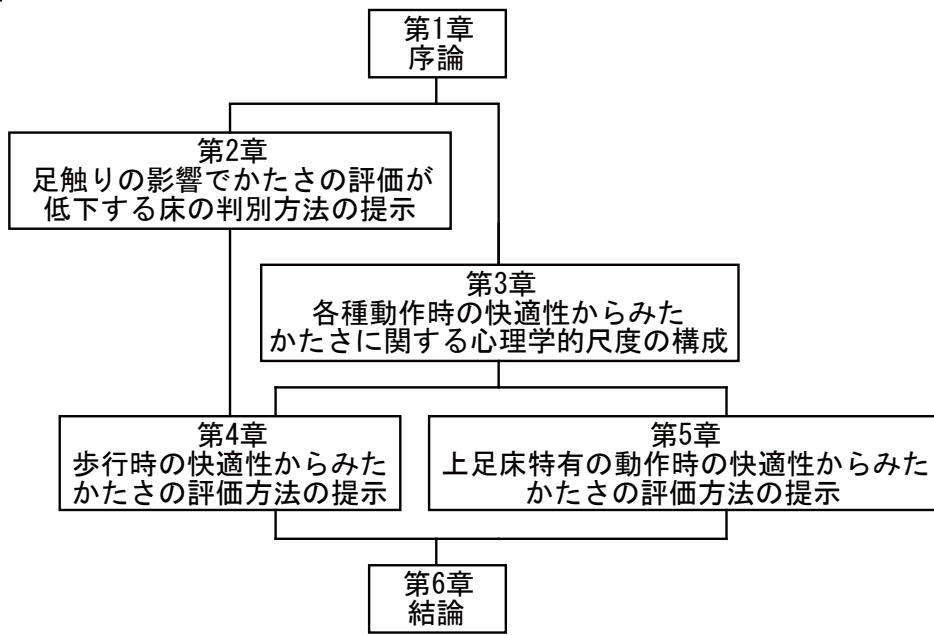


図 1.1 本研究のフローチャート

## 第 2 章

足触りの影響でかたさの評価が低下する床の判別方法の提示

## 第2章 足触りの影響でかたさの評価が低下する床の判別方法の提示

### 2.1 本章の目的

本章は、歩行，立位時に「ぶよぶよする」，「ぐにゃぐにゃする」といった足触りの影響でかたさの評価が低下し、日本建築学会床性能評価指針<sup>1)</sup>に規定された評価方法を適用できない床を判別する方法を提示することを目的とする。具体的には、人間の動作時と近似した動的荷重を与えた時の床の変形性状について、評価が低下する床としない床の比較を中心に詳細に検討し、特異な足触りが生起されるメカニズムを把握するとともに、このメカニズムにより忠実な判別方法を提示する。

## 2.2 心理学的尺度の構成

### 2.2.1 官能検査の概要

心理学的尺度構成のための官能検査の概要を、表 2.1 に示す。以下に、おもな事項について説明を加える。

#### (1) 構成する尺度および尺度構成手法

本検査では、かたさや「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りなど、動作時の変形から感じられる種々の感覚を総合して、対象床がどの程度適しているかの判断を求めることにした。すなわち、構成する尺度は、動作時の床のかたさの観点からその床がどの程度適しているかを表す“適性尺度”とした。

#### (2) 検査試料

検査試料の設定にあたっては、以下の点に留意した。

- ・実在する、あるいは今後開発されると思われる種々の材料，構法の床の範囲を包含するよう、多様な変形性状を有する試料群とする。
- ・検査員が所定の動作を行い適性を判断するのに十分な大きさとする。
- ・検査員に疲労，倦怠を感じさせない試料数とする。
- ・検査期間中、変形性状が変化しない試料とする。

以上の点に留意し、表 2.2 に示す表面材，緩衝材，下地の組み合わせからなる試料床を製作した。表面材については、一般的によく用いられる畳，塩ビ系長尺シート（以降、“塩ビ”と記す），カーペット，フローリング，床衝撃音対策用に裏面に緩衝層の付いた遮音フローリングから 11 種を選定した。下地については、下地表面において 1 方向の曲げ変形が支配的となる木造組床下地、同様に 2 方向の曲げ変形が支配的となる木造パネル床下地、下地表面全体が鉛直方向に沈み込む変形が支配的となる乾式二重床のうち東脚部のゴムの緩衝性が異なるもの 2 種、およびほぼ剛とみなせる RC スラブの 5 種を選定した。このうち、前 4 者が架構式床、後 1 者が直床に分類されるものである。緩衝材は、直床の場合に表面材と RC スラブの間に挿入するもので、厚さやかたさの異なるもの 5 種を選定した。

以上、表面材 11 種，緩衝材 5 種（無を含め 6 種），下地 5 種を組み合わせ、40 種の試料床を検査試料として設定した。試料床の大きさは、それぞれ 900mm×3600mm 程度とした。なお、いずれの試料床も、振動は動作時の適性からみた評価に影響しない程度であることを確認した。

### (3) 動作, 履物

動作は、試料床上を歩く歩行、および試料床上で立つ立位の2種とし、いずれも住居の居室、廊下を想定して動作するように検査員に教示した。なお、架構式床で動作位置により変形状が異なる試料床では、動作位置を指定した。

履物は、温冷感などの要因の影響をできるだけ排除する観点から、住居の居室、廊下で一般的なくつ下とした。

### (4) 検査員

動作時の床のかたさによる適性の差は、比較的緩やかで床に与える荷重の増減の少ない動作をする高齢者より、若齢者などの方が感じやすいと思われたことから、検査員は、19～44歳の成人男女10名(身長:152～175cm, 体重:46～80kg)とした。

表 2.1 官能検査の概要

構成する尺度	適性尺度
尺度構成手法	系列範ちゅう法
判断範ちゅう	この床は所定の動作をした時に感じられる床の変形の観点から、動作するのに ⑦非常に適している ⑥かなり適している ⑤やや適している ④どちらともいえない ③やや不適である ②かなり不適である ①非常に不適である
検査試料	表2.2に示す40種の試料床
検査員	成人男女10名 (年齢19～44歳, 体重46～80kg)
動作	歩行, 立位
履物	くつ下

表 2.2 試料床の概要

表面材	分類 下地	緩衝材	直床					架構式床				
			RCスラブ					組床 <sup>*2</sup>	パネル床 <sup>*3</sup>	乾式二重床A <sup>*4</sup>	乾式二重床B <sup>*5</sup>	
			無	CF 3.0mm厚	CF 3.2mm厚	UL 6mm厚	UL 12mm厚					UL 24mm厚
畳	畳	畳53mm厚(和紙製畳表, 建材畳床Ⅲ形 <sup>*1</sup> )	○									
		畳42mm厚(イ草製畳表, 建材畳床Ⅰ形 <sup>*1</sup> )	○			○		○	○	○	○	○
		畳42mm厚(塩ビ製畳表, ポリウレタンフォーム製畳床)	○									
塩ビ系 長尺シート	クッションフロア	クッションフロア3.0mm厚	○	○								
		クッションフロア3.2mm厚	○		○							
		ヘテロジニアスシート1.5mm	○			○	○					
カーペット	ループパイルカーペット	ループパイルカーペット4.0mm厚	○									
		カットパイルカーペット5.0mm厚	○	○		○	○		○	○	○	○
フローリング 遮音	フローリング	複合フローリング15mm厚	○	○			○	○	○	○	○	○
		遮音フローリング17mm厚(LL40相当)	○									
		遮音フローリング17mm厚(LL45相当)	○	○		○	○		○	○	○	○

\*1: JIS A 5914

\*2: 大引: 90×90mm@900mm, 根太: 45×45mm@600mm, 捨板: 合板18mm厚

\*3: 大引: 90×90mm@900mm, パネル受け: 30×40mm@900mm, 捨板: 合板15mm厚

\*4: 束脚: @450mm(底ゴム: 3mm厚, ショアA硬度65), パネル: パーティクルボード20mm厚

\*5: 束脚: @450mm(底ゴム: 23mm厚, ショアA硬度65), パネル: パーティクルボード20mm厚

CF: 塩ビ系クッションフロア

UL: ポリウレタン系アンダーレイ

○: 本研究で用いた試料床

## 2.2.2 官能検査の経過、結果および心理学的尺度の構成

2.2.1 で述べた条件に加え、試料床の提示順序は検査員ごとにランダムにすること、検査員は疲れたらいつでも申し出ることなどを条件に官能検査を実施し、回答を得た。検査の際、検査員には、床のすべりや温冷感などかたさ以外の要因は判断に入れないよう教示した。検査は、温度 20℃、相対湿度 50% の実験室で実施した。検査員 1 名の検査に要した時間は、休憩時間を含めおよそ 2 時間であった。

表 2.3 に、検査員の回答の分散分析結果を示す。主効果の分散比が高度に有意となっており、かつ寄与率も大きいことから、検査試料による刺激に十分な差異があったこと、本検査自体が有効であることが分かる。一方、個人差の分散比も有意となっているが、寄与率が主効果と比較して十分小さいことから、構成される尺度は、検査員間に内在する個人差を内包するものの、各検査試料のかたさに対する平均的な評価を表す尺度として十分有効とみなすことができる。

以上より、尺度構成理論<sup>24)</sup>にしたがって、歩行と立位の 2 種の適性尺度を構成した。

表 2.3 分散分析結果

歩行			立位		
	分散比	寄与率		分散比	寄与率
主効果	7.078**	30.37%	主効果	8.144**	33.37%
個人差	17.05**	18.51%	個人差	18.51**	18.87%

\*\*：危険率1%以下で有意

## 2.2.3 心理学的尺度相互の関係の検討

図 2.1 に、2.2.2 で構成した歩行と立位の適性尺度の関係を示す。図中、①～⑦で示す破線は、官能検査に用いた①～⑦の範ちゅう（表 2.1 参照）の適性尺度上の位置を表す。

図に示す通り、両者は比較的良好な対応を示しており、動作時の適性からみた試料床の序列は、歩行と立位とでは大きくは変化しないことが分かる。

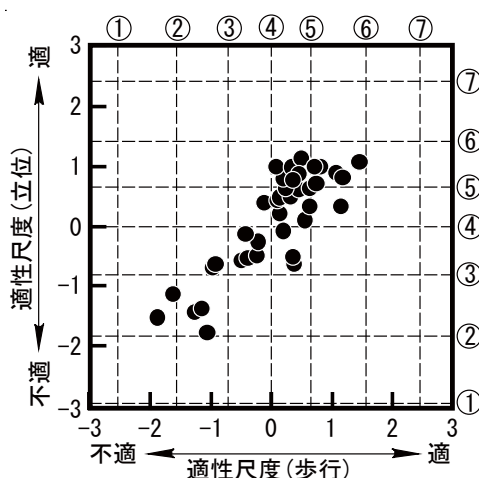


図 2.1 適性尺度相互の関係



## 2.3 日本建築学会床性能評価指針の適用性の検討

### 2.3.1 指針に規定された測定装置および性能値の概要

快適性からみた床のかたさについては、小野ら<sup>2),3)</sup>が、人間が歩行時に床に与える鉛直荷重に基づいて開発した評価方法が、日本建築学会床性能評価指針<sup>1)</sup>に規定されている。図 2.2 に、横山<sup>27)</sup>が測定した、人間が歩行時に床に与える鉛直荷重の時間変化の代表例を、吉岡、小野ら<sup>28)</sup>が求めた足の接地状況との関係例とともに示す。図は、ほぼ剛とみなせるフォースプレート上に1歩着地して歩き抜けたときの荷重・時間曲線を示したものである。

このような歩行時の荷重のうち、小野らは、ピーク  $p_2$  を中心とする前半部分と同等の荷重を床に与え、その際の床の動的変形挙動を測定できる装置（以降“指針規定装置”と記す）を開発した。図 2.3 に、装置の概要を示す。本装置は、電磁石に吊られた質量 40kg の重錘を電磁石を切ることにより減衰性の大きいゴムばね上に落下させ、荷重板（直径：70mm）を介して床に所定の荷重を与えたときの荷重と床の変形を、荷重板上に取り付けた荷重変換器とシャフト頂部に取り付けた変位変換器で測定するものである。重錘の落下高さについては、重錘下端がゴムばね上端と接した後、荷重変換器で測定される荷重が 3kgf となる時点まで重錘落下高さ調整用ハンドルを操作して重錘を降下させ、その位置から落下させる。図 2.4 に、本装置を床の上に設置して測定される荷重・時間曲線、変形・時間曲線、および荷重の立ち上がりから変形が最大に達するまでの荷重・変形曲線の例を示す。小野らは、床のかたさには載荷時の床の緩衝作用と除荷時の床の復元作用が大きく影響することを明らかにしたうえで、前者を表す物理量として、荷重の立ち上がりから変形が最大に達するまでの床の変形エネルギー  $U_F$  を設定している。また、後者を表す物理量として、変形が最大に達した後の復元量  $D_R$  と復元速度  $D_R/T_R$  の積  $D_R \cdot D_R/T_R$  を設定している。さらに、両者を複合した、(2.1) 式で示す  $T$  で、人間が感じる床のかたさを表せることを明らかにしている。

$$T = \log(U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R/T_R) \quad \dots (2.1)$$

ここで、 $T$  が小さい（大きい）ほど、人間はかたい（やわらかい）と感じることを表す。

### 2.3.2 試料床の性能値の測定

2.3.1 で述べた指針規定装置を用い、2.2.1 で検査試料とした試料床のかたさを表す物理量  $T$  を測定した。ここで、官能検査時に動作位置を指定した試料床では、同じ位置で  $T$  を測定した。測定は、官能検査と同一の温度 20°C、相対湿度 50% の実験室にて行った。各試料床とも 3 回以上測定を行い、結果が安定していることを確認したうえで平均を求めた。

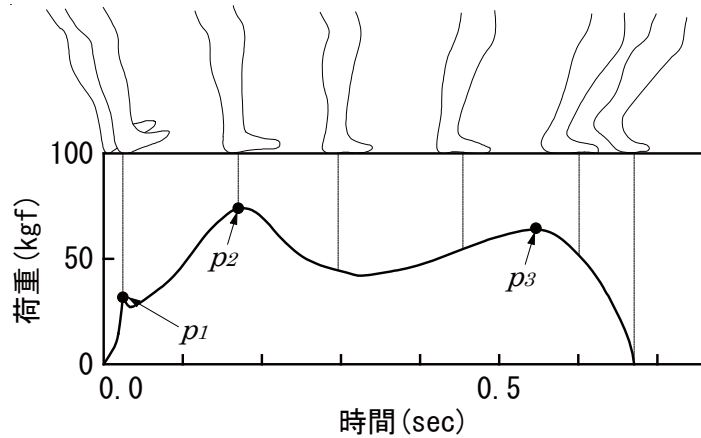


図 2.2 歩行者が床に与える鉛直荷重の時間変化<sup>27)</sup> および足の接地状況との関係の代表例<sup>28)</sup>

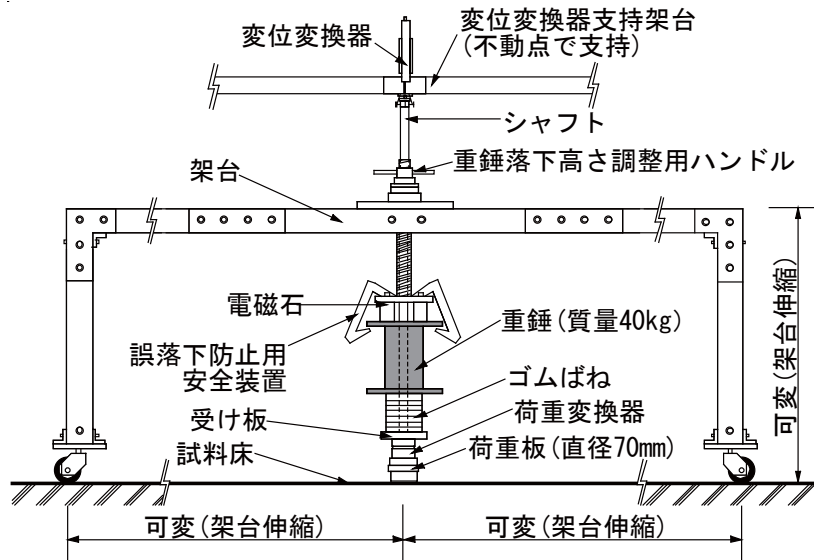


図 2.3 指針規定装置の概要<sup>1), 2)</sup>

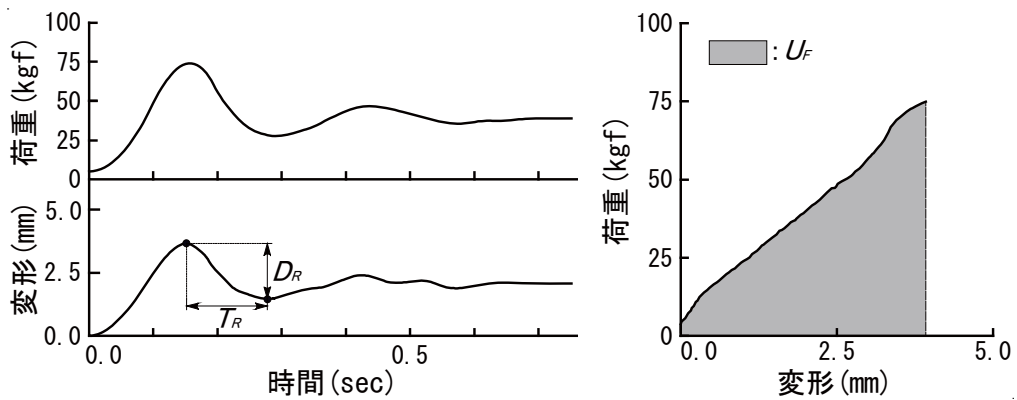


図 2.4 指針規定装置による荷重・時間曲線, 変形・時間曲線および荷重・時間曲線の例<sup>1), 2)</sup>

### 2.3.3 心理学的尺度と性能値の関係の検討

2.2.2 で構成した適性尺度と 2.3.2 で測定した  $T$  の関係を、図 2.5 に示す。図に示す①～⑦の破線の意味は、図 2.1 と同一である。

歩行、立位ともに、図中●で示す点は上に凸なる対応を示しており、図に破線で示す対応の中心傾向を示す曲線を目視で得ることができる。すなわち、これらの試料床では緩衝作用、復元作用がかたさの評価に支配的に寄与しており、適度なかたさを有する試料床の評価が高く、かたすぎる床、やわらかすぎる床の評価が低くなっていることが分かる。この傾向は、小野らが求めた、動作時の適性からみた床のかたさの評価と  $T$  の関係における傾向と一致する。ただし、小野らが求めた  $T$  の最適値は 1.0 程度であったのに対し、図 2.5 では 0.7 程度となっており、居住者の嗜好が小野らの研究当時と比較してかたい方に変化したことがうかがえる。

一方、●で示す点は、歩行の場合の図において、対応曲線より 1 範ちゅう程度評価が低下している。また、○で示す点は、2 範ちゅう程度評価が低下している。これらの点は、立位の場合も、類似した傾向を示している。これらの試料床では、官能検査時の検査員の感想などから、動作時に「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りが得られ、それが評価に影響していたことが確認された。

ここで、このように表層部に大きさの割に面的な小さい曲げ変形が生じる床では、荷重板が床と接触している面（以降“載荷面”と記す）近傍の表層部の曲げ変形が支配的となる軽微な荷重領域での剛性が、床全体としての剛性と比較して相対的に小さいことが予想された。よって、本章では、軽微な荷重領域での床の変形の測定結果に基づいて、足触りが評価に影響する床を判別する方法を検討することとした。ここで、図 2.3 に示した指針規定装置では、重錘落下前に、床に、荷重板、荷重変換器、受け板、ゴムばね、シャフトの自重約 7kgf と落下高さ調整時に載荷する 3kgf を合わせた約 10kgf の荷重が載荷されている。本研究では、これより軽微な荷重領域から床に載荷される荷重と変形の間関係を測定できる装置を、判別装置として新たに開発することとした。

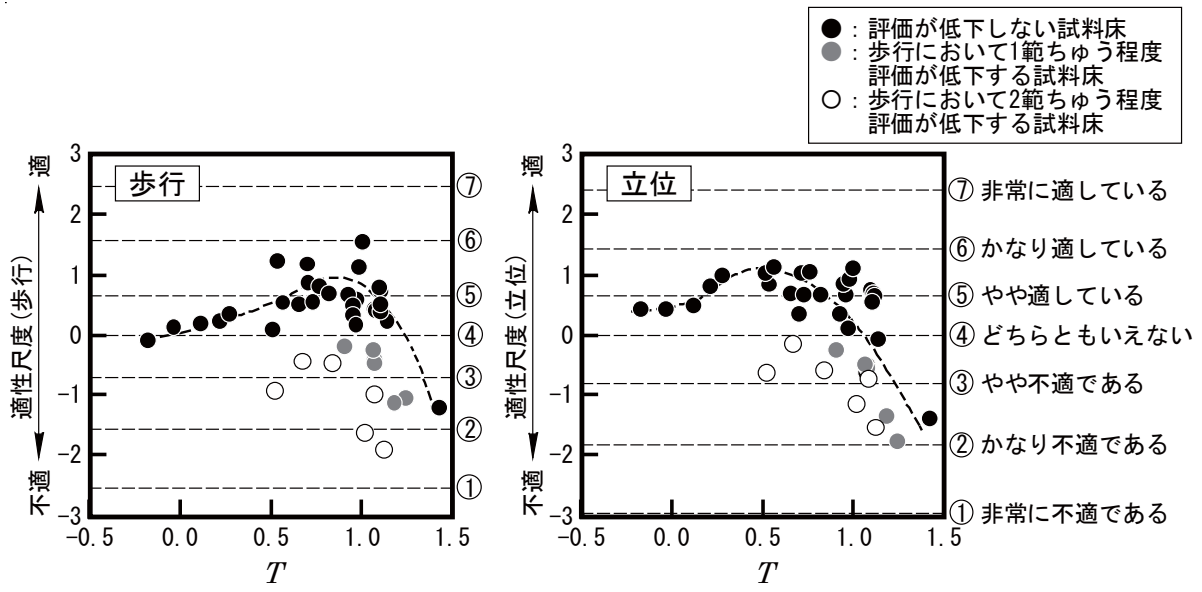


図 2.5 適性尺度と  $T$  の関係

## 2.4 測定装置の仕様の検討

### 2.4.1 基本方針

判別装置の開発にあたり、以下の基本方針を設定した。

- ・床と接触する荷重板は、底面の大きさ、形状などが結果に大きく影響すると思われることから、既往の研究などを参考にこれらの要因が異なるものを数種試作し、測定結果に基づいて適切なものを選定する。
- ・より軽微な荷重領域での荷重と変形の間関係を測定できるよう、床に載荷される装置の荷重はできる限り小さくする。
- ・「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りが生起されるメカニズムを把握するためには、歩行時と近似した動的荷重を与えた時の床の変形性状を測定する必要があるため、動的に荷重を載荷できる装置とする。
- ・判別方法普及の観点から、既存の測定装置の一部を変更させたものとする。

### 2.4.2 荷重板の底面形状に関する検討

まず接触面積の最大値について検討した。歩行時の足裏各部の接触面積とその時間変化の測定結果は、吉岡、小野ら<sup>26)</sup>および井上ら<sup>14), 18)</sup>により報告されている。これらを概括した結果、踵部の接触面積は、着地開始後約 0.02s の段階で 30 ~ 40cm<sup>2</sup> 程度に達し、以後踵部が床から離れはじめる着地開始後 0.3s 程度まで大きくは変化せずに推移することが明らかとなった。よって、荷重板の接触面積の最大値は、指針規定装置と同様、直径 70mm の円の面積である 38.5cm<sup>2</sup> とすることとした。

つぎに、**図 2.6** に示すように、直径 70mm で底面の形状が異なる 5 種の荷重板 A ~ E を試作し選定することとした。荷重板の選定のため検討に用いる試料床を、**2.2.1** で検査試料とした試料床の中から以下の方針に従って選定した。

- ・かたさを表す物理量  $T$  が同程度で、かつ変形性状の評価が多様となるようにする。
- ・表面材の種類が多様となるようにする。

**表 2.4** に、選定した 6 種の試料床 No.1 ~ 6 の概要を示す。表に示す通り、選定した試料床の  $T$  の範囲は 0.523 ~ 0.765 であり、かたさの範囲は比較的狭いとみなすことができる。一方、床のかたさの評価は範ちゅう②「かなり不適である」から⑥「かなり適している」の範囲に広く分布している。特に No.5,6 は、**図 2.5** で○で示した、足触りの影響で評価が低下する試料床の一部である。また、表面材の種類観点からは、官能検査で用いた畳、塩ビ、カーペット、

フローリング、遮音フローリングのすべての種類が含まれている。

以上の6種の試料床を対象に、図2.6に示した5種の荷重板を用いて、荷重と変形の間を測定することとした。測定には、図2.3に示す指針規定装置の一部を変更した、図2.7に示す

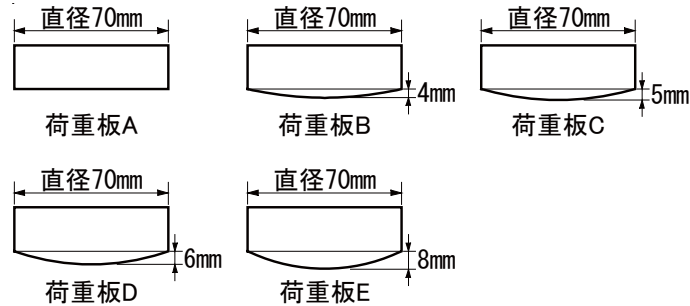


図 2.6 試作した荷重板の概要

表 2.4 荷重板の選定に使用した試料床の概要

試料床 No.	表面材	緩衝材	下地	$\log(U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R / T_R)$	適性尺度上の位置	
					歩行	立位
1	畳42mm厚(イ草製畳表, 建材畳床I形 <sup>1)</sup> )	無	RCスラブ	0.765	⑤~⑥	⑤~⑥
2	クッションフロアー3.0mm厚			0.565	④~⑤	⑤~⑥
3	カットパイルカーペット5.0mm厚			0.703	⑤~⑥	⑤~⑥
4	複合フローリング15mm厚	ポリウレタン系 アンダーレイ24mm厚		0.656	④~⑤	⑤~⑥
5	遮音フローリング17mm厚(LL40相当)	無		0.523	②~③	③~④
6	遮音フローリング17mm厚(LL45相当)			0.673	③~④	③~④

\*1: JIS A 5914

①~⑦: 判断範ちゅう(表2.1参照)

静的載荷装置を用いた。ここで、荷重板の選定に用いる測定装置は、本来人間が動作時に床に与える動的な荷重を置換することが望ましいが、より軽微な荷重領域が結果に影響すること、また現段階では荷重板の選定のみが目的であることを考慮し、測定精度確保の観点から静的な測定装置とした。本装置は、磁石に吊られた質量40kgの重錘を重錘落下高さ調整用ハンドルを操作して徐々に降下させながら、金属ばねを介して床に載荷される荷重と変形の間を測定するものである。ただし、荷重板、受け板、シャフトは指針規定装置より軽量のものを新たに製作して用いており、荷重変換器、金属ばねを加えた床に載荷される装置の自重は2kgfとなっている。測定は、床に装置の自重2kgfのみが載荷された状態での変形を0とし、重錘を落下させながら荷重が1kgf増すごとに変形を測定した。測定は重錘の重量がすべて床に載荷される42kgfまで実施した。

図2.8に測定結果を示す。図は、6種の試料床での荷重と変形の間を、荷重板ごとに示したものである。図より、荷重板により、同じ荷重でも変形の間をみた試料床の序列が変化していることが分かる。ここで、動作時の床の変形とそれに対する人間の感覚、評価の間をを対象とした多くの研究<sup>1),2),28),29)</sup>などにおいて、人間の感覚、評価は床の変形エネルギーでおお

むね説明できるとの結果が得られている。よって、本研究では、図 2.8 より、荷重が 5kgf から 10kgf まで、20kgf まで、30kgf まで、40kgf までの変形エネルギーを各試料床で求め、荷重板ごとに比較することとした。変形エネルギーを求める荷重の下限を 5kgf としたのは、それよりも小さい範囲では、荷重が小さいため変形の測定結果が安定しにくかったことによる。

図 2.9 に、例として荷重が 5kgf から 20kgf までの各試料床の変形エネルギーを、荷重板ごとに数直線上にプロットして示す。図より、試料床の序列に着目すると、最も凸の小さい荷重板 A では No.4,3 の方が No.2,1 より変形エネルギーが大きいのにに対し、最も凸の大きい荷重板 E では No.2,1 の方が No.4,3 より大きくなっていることがわかる。すなわち、荷重板の凸が大きくなるにしたがって No.4,3 と No.2,1 の序列が徐々に入れ替わっている。一方、No.5,6 の変形エネルギーは、いずれの荷重板でも他の試料床より大きくなっている。これらの傾向は、5kgf から 10kgf まで、30kgf まで、40kgf までのどの変形エネルギーからもうかがえた。

ここで、6 種の試料床のうち、載荷面近傍の表層部の曲げ剛性が最も大きいのは No.4 であり、続いて No.2,1 の順に剛性が大きいことが、表面材の種類から推測できる。一方、足触りが評価に影響していた No.5,6 は、他と比較して剛性が小さいとみなすことができる。以上に述べた試料床の序列と、5 種の荷重板で測定される変形エネルギーの序列を比較した結果、両者が一致する荷重板 C を荷重板として選定した。

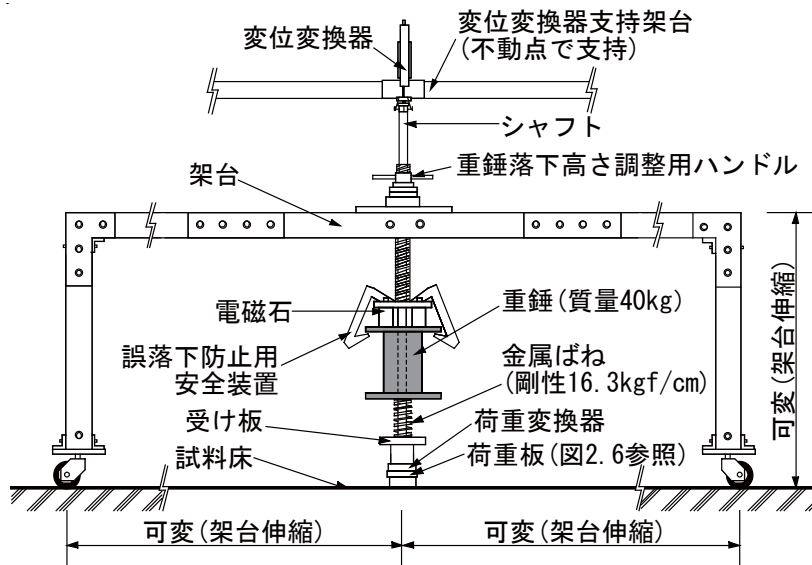


図 2.7 静的載荷装置の概要



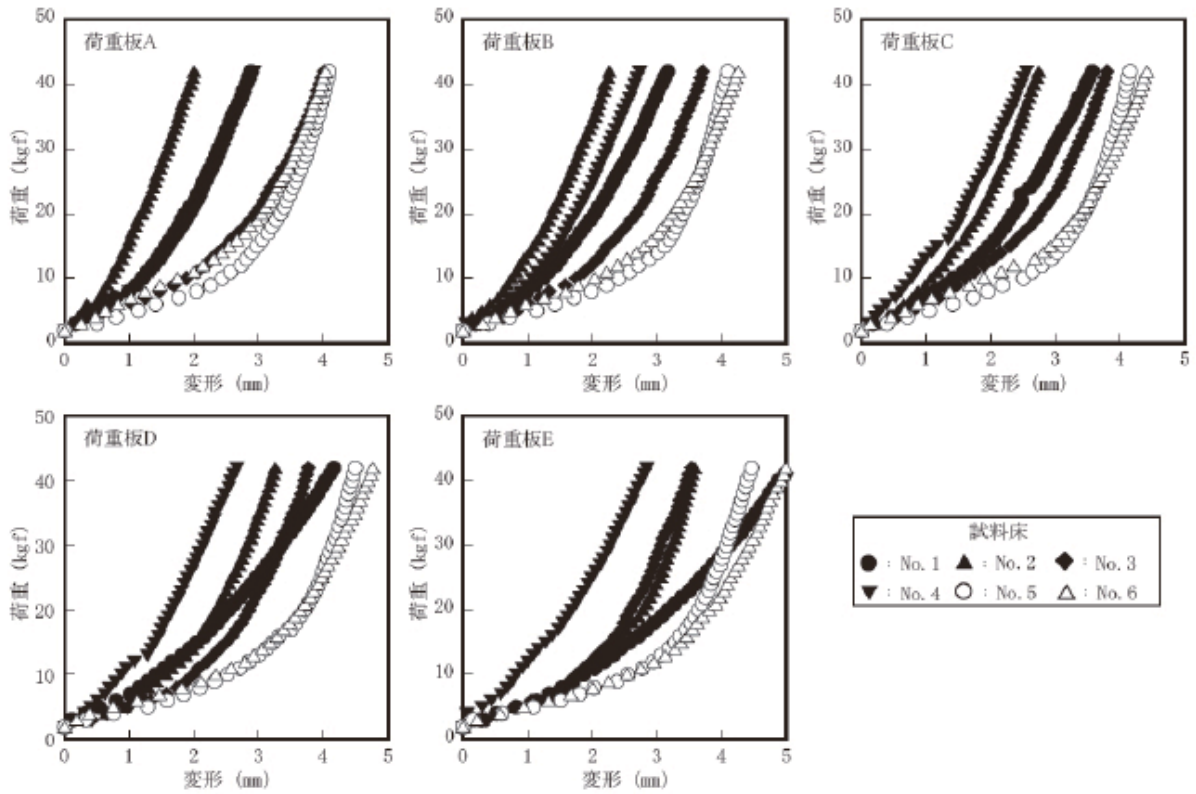
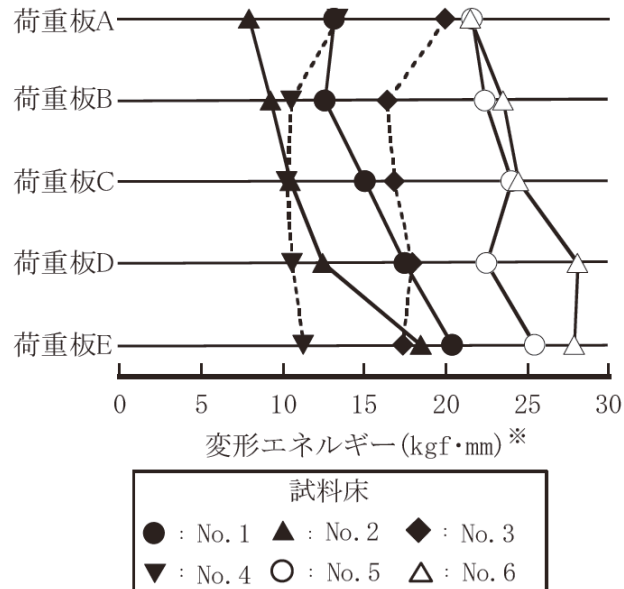


図 2.8 5種の荷重板による荷重と変形の関係の測定結果



※：載荷荷重5～20kgfの間の変形エネルギー

図 2.9 5種の荷重板による変形エネルギーの比較



### 2.4.3 仕様変更後の測定装置の概要

2.4.1 で述べた基本方針と、2.4.2 で選定した荷重板を用いて、指針規定装置の仕様を変更した。図 2.10 に、仕様変更後の測定装置の概要を示す。本装置は、2.4.2 の静的載荷装置の金属ばねをゴムばねに戻し、荷重板を荷重板 C にしたうえで動的に床の変形状を測定できるようにしたものである。金属ばねをゴムばねに戻したことにより、床にかかる装置の自重は 3.0kgf となった。また、重錘は、荷重変換器で測定される荷重が 0.5kgf となった位置から落下することとした。したがって、重錘落下前に床にかかる荷重は、3.5kgf となった。なお、重錘落下前に床にかかる荷重は 0kgf とするのが理想であるが、実際には装置の機構上不可能である。そこで、本装置では、可能な限り小さい荷重である 3.5kgf とし、得られた変形状の測定結果から工学的に十分な精度の判別方法が提示できれば、少なくともこの荷重は本研究の目的を達成するうえで問題ないと判断することとした。

図 2.11 に、仕様変更後の測定装置が床に与える荷重を、歩行荷重の代表例と比較して示す。図より、指針規定装置と同様、本装置の荷重も、歩行荷重のうち a 点から b 点を経て c 点に至る部分と近似していることがわかる。

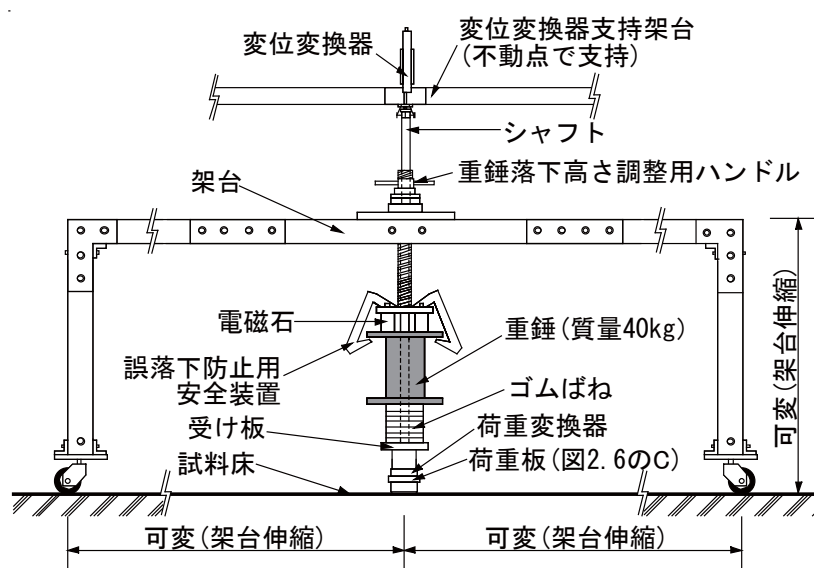


図 2.10 仕様変更後の測定装置の概要

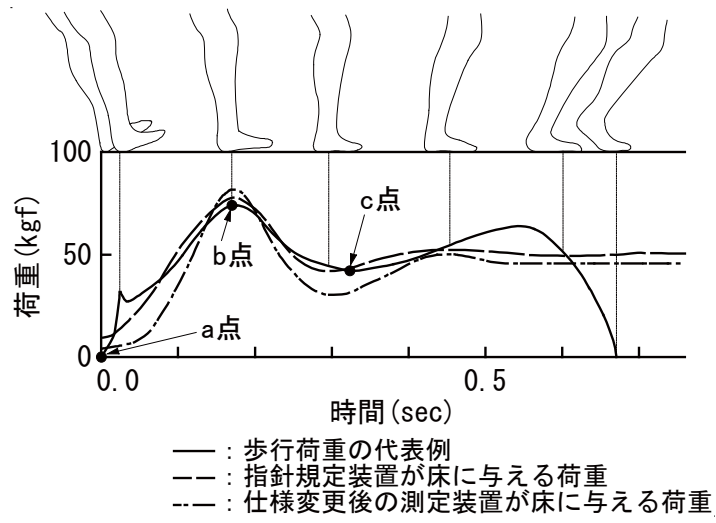


図 2.11 歩行荷重の代表例と指針規定装置が床に与える荷重<sup>2)</sup>  
 および仕様変更後の測定装置が床に与える荷重

## 2.5 測定装置による変形挙動の測定および心理学的尺度との関係の検討

### 2.5.1 試料床の変形挙動の測定

2.4で仕様を変更した測定装置を用いて、各試料床の動的変形挙動を測定した。図2.12、写真2.1に、測定状況の例を示す。図に示すように、本測定では、床の変形の面的な広がり把握する目的で、カラスプレーを用いて床表面にランダムに模様を付け、この模様を2台のカメラで撮影することにより床表面上の各点の変形を測定できるシステムを併用した。カメラの撮影コマ数は毎秒2000コマとし、撮影範囲は約500×400mmとした。この条件での測定精度は $10^{-4}$ mm、水平方向の解像度は0.1mmである。なお、架構式の試料床では、官能検査の際検査員に踵を着地させるよう指示した位置で測定を行った。測定は、いずれの試料床でも3回以上行った。測定回ごとの変形の差は、大きくても0.1mm程度であった。

図2.13に、装置の変位変換器で測定された変形・時間曲線の例を示す。この曲線は、載荷面中心の変形を表すものである。図に示す通り、測定される最大変形量および最大復元量を、指針規定装置で測定される $D_{max}$ 、 $D_R$ と区別して、 $D_{max}'$ 、 $D_R'$ と記すこととする。図より、曲線の形状や最大変形量 $D_{max}'$ 、変形が最大に達した後の変形の最大復元量 $D_R'$ 、さらには $D_{max}'$ に対する $D_R'$ の割合などが、試料床により種々異なっていることがわかる。このうち、(3)、(4)が、評価が低下する試料床によるものである。

一方、図2.14に、カメラを用いたシステムで測定された変形の面的な広がり例を示す。図は、載荷面中心の変形が最大に達した時点における変形の面的な広がり示したもので、(1)と(3)の試料床は図2.13と対応している。図より、2つの試料床は $D_{max}'$ は同程度であるが、変形の面的な広がりには違いがあり、(1)では載荷面を中心に比較的広い範囲に変形がおよんでいるのに対し、(3)ではその範囲が狭く局部的に変形していることがわかる。



写真 2.1 仕様変更後の測定装置による変形挙動の測定状況の例

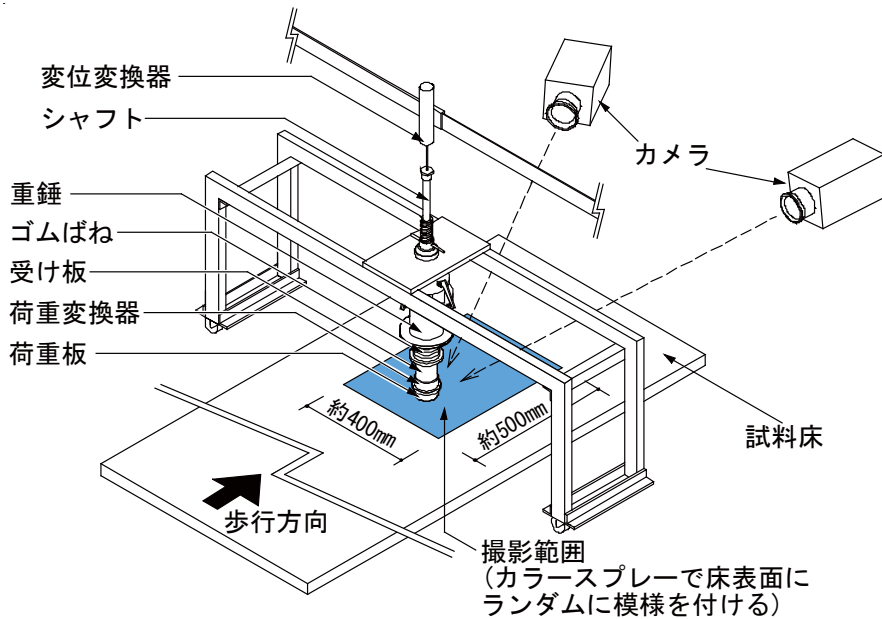


図 2.12 仕様変更後の測定装置による変形挙動の測定状況の例

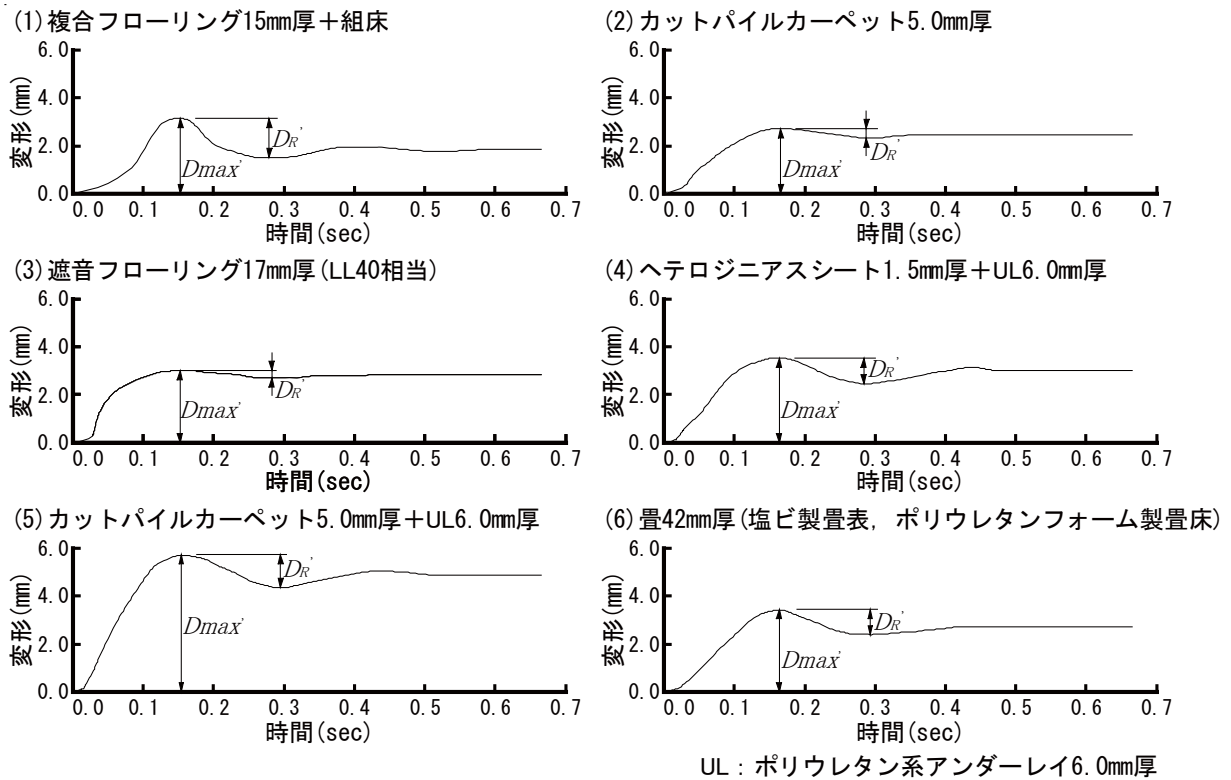


図 2.13 仕様変更後の測定装置による載荷面中心の変形・時間曲線の例

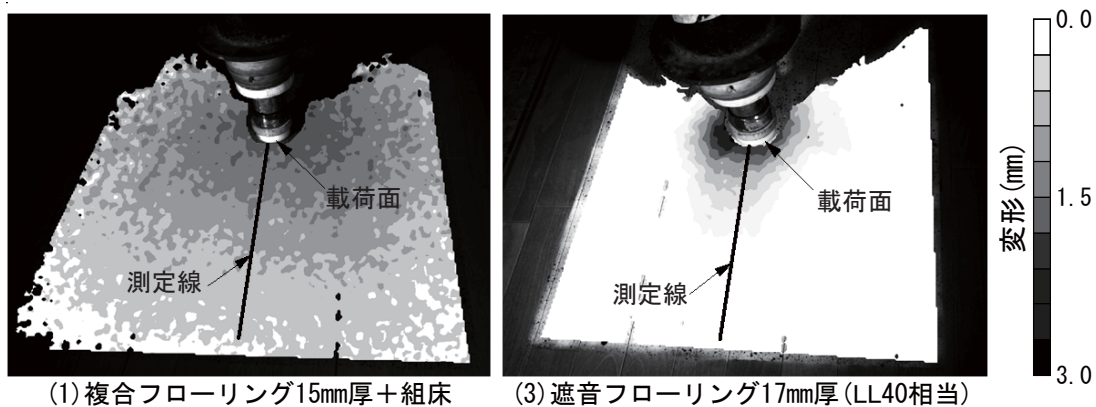


図 2.14 変形の面的な広がり の例

## 2.5.2 変形の面的な広がり の影響に関する検討

2.5.1 より、変形の面的な広がり が足触りにおよぼす影響について、詳細に検討することとした。具体的には、図 2.14 に直線 で示すように、踵の着地位置に該当する載荷面より検査員の足の向きに測定線を設定し、この測定線上の各点の変形を試料床ごとに求めた。ここで、測定線は、載荷面の中心を通るように設定した。

図 2.15 に、結果の例を示す。図は、重錘落下前の変形を 0 としたうえで、載荷面中心と、測定線上の載荷面中心より 40 ~ 300mm の範囲内の各点の変形を示したものである。図中、太線は載荷面中心の変形が最大に達した時点（以降“M 時点”と記す）での変形を表し、細線は装置の荷重変換器で測定された荷重が 5, 10, …… 75, 80kgf(5kgf ごと) の各時点での変形を表す。ここで、図の (1) ~ (6) の試料床は、図 2.13 と対応している。なお、測定線上の変形を求める範囲を載荷面中心より 40mm からとしたのは、本来は荷重板の外周にあたる 35mm からとするのが理想的であるが、実際には解析システムの制約上不可能であることによる。すなわち、本研究では、解析可能な範囲内のできる限り荷重板に近い 40mm からとし、得られた結果から工学的に十分な精度の判別方法が提示できれば、少なくともこの範囲は本研究の目的を達成するうえで問題ないと判断することとした。

図に示した 5kgf ごとの細線の間隔に着目すると、下地が組床で表面材が局部変形をほとんどともなわないフローリングの (1) では等間隔に近いのに対し、直床に局部変形をとまなう緩衝材や表面材を組み合わせた (2) ~ (6) では、軽微な荷重領域での間隔が大きな荷重領域と比較して大きくなっており、非線形的な変形性状を示していることがわかる。この傾向は、表面材がカーペットの (2), (5) と遮音フローリングの (3) で、特に顕著である。また、直床に緩衝材を用いずにカーペットを敷いた (2) では、載荷面は大きく変形しているのに対し、載荷面以外はほとんど変形していないことがわかる。この結果は、載荷面の変形が、カーペットのパイル

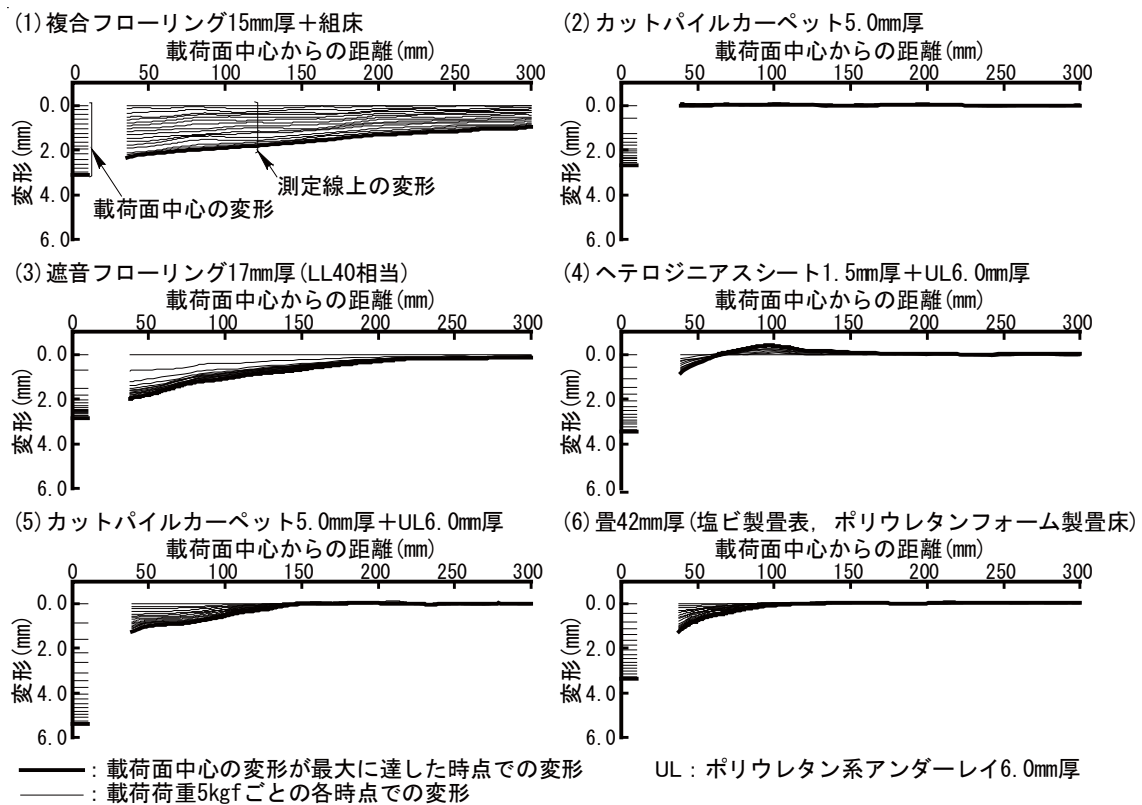


図 2.15 変形が最大に達した時点までの載荷面中心および測定線上の変形の例

の変形によるものであることを示している。このように、本装置により、面的な広がりも含めて、軽微な荷重領域からの変形性状を把握できることが確認できる。

さらに、図より、評価が低下する (3), (4) では、低下しない (1) と比較して、変形が載荷面中心より 250mm 程度までの比較的狭い範囲 (以降“載荷面近傍”と記す) にのみ広がっており、この範囲内に床表面の傾きが大きい部分が存在することがわかる。載荷面近傍は、踵が着地した後、動作の進行にともなって土踏まずや足裏前半部が着地してゆく範囲である。(3), (4) では、この範囲内に傾きが大きい部分があるため、踵を含む足裏全体で傾きが感じられ、「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りが生起されたものと推察できる。

一方、(5) では、同様に載荷面近傍に傾きが大きい部分があるにもかかわらず、評価の低下はみられない。そこで、(3), (4) と (5) を比較すると、(5) では、載荷面中心の変形と、周囲の載荷面中心より 40mm の位置での変形の差が、(3), (4) と比較して大きいことがわかる。すなわち、(5) では、周囲の変形が載荷面と比較して小さいため、傾きが相対的に感じられにくかったものと推察できる。

以上より、載荷面近傍における傾き、および載荷面と周囲の変形の差と、評価の低下の有無、程度との関係を検討することとした。ここで、載荷面近傍の範囲内で傾きに変化する試料床では、



図 2.15 に例示するように、載荷面に近いほど傾きが大きくなる傾向がみられた。よって、図 2.16 に示すように、M 時点における、載荷面中心より 40mm の位置での変形  $D_{max40}$  と、50mm の位置での変形  $D_{max50}$  の差を、2 点間の距離で除した  $(D_{max40} - D_{max50})/10$  を、傾きの指標として抽出した。一方、載荷面と周囲の変形の差の指標として、載荷面中心の変形  $D_{max}'$  と上記  $D_{max40}$  の差  $D_{max}' - D_{max40}$  を抽出した。

図 2.17 に、各試料床の  $(D_{max40} - D_{max50})/10$  と  $D_{max}' - D_{max40}$  の関係を示す。ここで、両者の対応を詳細に検討するため、図中の記号を試料床の表面材ごとに分類した。これは、 $(D_{max40} - D_{max50})/10$  と  $D_{max}' - D_{max40}$  には試料床表層部の剛性すなわち表面材の物性が大きく影響すると推察されたことによる。▼は畳、■は塩ビ系長尺シート、●はカーペット、◆はフローリング、▲は遮音フローリングを表す。また、記号の色は図 2.5 をもとに得られる評価の低下度合いを表す。図より、■、●、▲、△で示す点は全体的に右下に位置しており、 $(D_{max40} - D_{max50})/10$  が大きく  $D_{max}' - D_{max40}$  が小さい床ほど評価が低下する傾向があることがわかる。しかし、▼で示す表面材が畳の試料床の一部が■、●、▲、△の領域にプロットされている点で、さらなる検討が必要と考えられる。そこで、一連の測定結果について再度見直したところ、図 2.13 の (6) と (2), (3), (5) の比較からわかるように、表面材が畳の試料床では、カーペットや遮音フローリングの試料床と比較して、 $D_{max}'$  に対する  $D_R'$  の割合が大きいことが共通の傾向として把握できた。ここで、 $D_R'$  は、図 2.2 に示す歩行荷重の代表例と動的判別装置が床に与える荷重の関係から、おもに c 点までの荷重に応じた歩行中の変形の最大復元量に対応する値と位置付けられるものである。

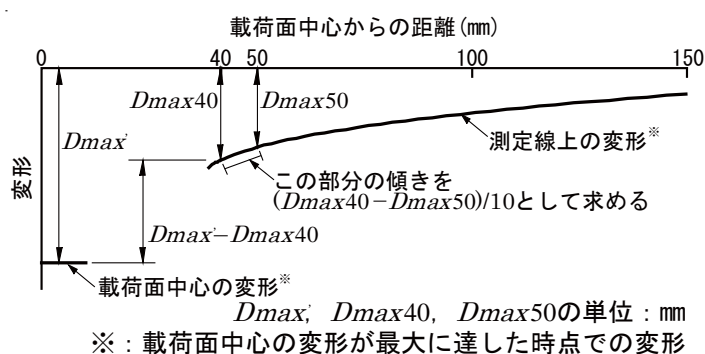


図 2.16  $(D_{max40} - D_{max50})/10$  と  $D_{max}' - D_{max40}$  の概要

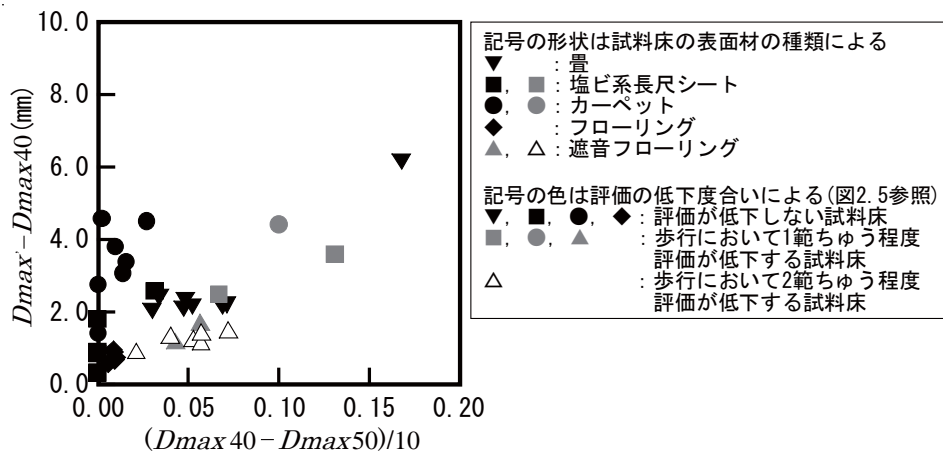


図 2.17  $(D_{max40} - D_{max50})/10$  と  $D_{max}' - D_{max40}$  の関係

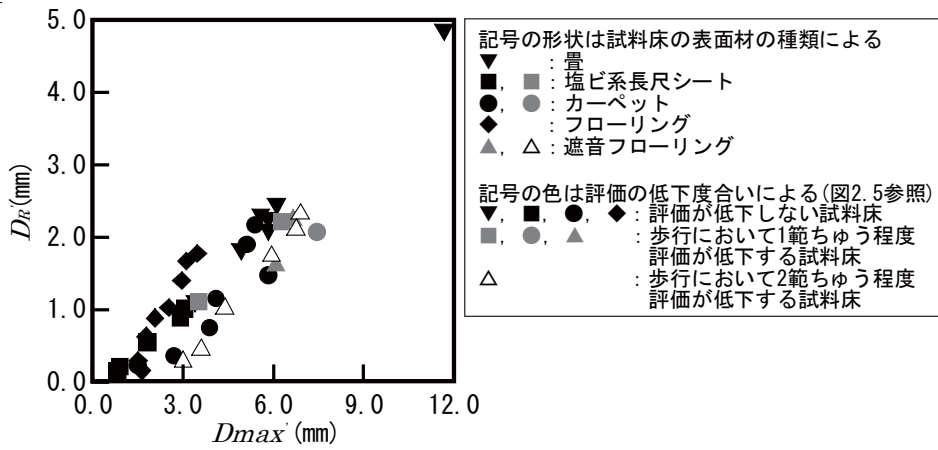


図 2.18  $D_{max}'$  と  $D_R'$  の関係



### 2.5.3 変形の時間的な変化の影響に関する検討

2.5.2より、踵着地時の変形に対するその後の復元量の割合も足触りの生起に影響しているものと推察し、 $D_{max}'$ 、 $D_R'$ と評価の低下の有無、程度との関係を検討することとした。図2.18に、各試料床の $D_{max}'$ と $D_R'$ の関係を示す。図中の記号の形状、色は図2.17と同様である。図より、■、●、▲、△で示す点は全体的に右下に位置しており、 $D_{max}'$ に対する $D_R'$ の割合が小さい床ほど評価が低下する傾向があることがわかる。特に、図2.17では判別できなかった▼で示す表面材が畳の試料床も、図2.18では判別できることがわかる。しかし、図2.18では、●で示す表面材がカーペットの試料床の一部が、■、●、▲、△の領域にプロットされている。すなわち、表面材がカーペットの試料床は、図2.17では●と●の判別が可能であったが、図2.18では判別できないことがわかる。

### 2.5.4 変形の面的な広がりや時間的な変化の要因を複合した判別方法の検討

2.5.3までの検討結果をまとめると、図2.17と図2.18のどちらの図でも評価が低下する領域にプロットされる床で、実際に評価が低下していることがわかる。すなわち、変形の面的な広がりや、時間的な変化の各要因に関する以下の2つの要件をともに満たす床が、評価が低下する床とみなせることがわかる。

- ・要件1(変形の面的な広がりに関する要件)： 載荷面近傍に傾きの大きい部分があり、かつ載荷面と周囲の変形の差が小さい
- ・要件2(変形の時間的な変化に関する要件)： 踵着地時の変形に対するその後の復元量の割合が小さい

そこで、この結果の意味について、歩行の動作特性との関係を含めて検討することとした。

図2.19に、歩行者の足の接地状況を、床の変形挙動とあわせて模式的に表した図を示す。図は、歩行中の足の接地状況について詳細に検討した吉岡ら<sup>2.7)</sup>、井上ら<sup>2.8)</sup>の結果などを参考に作成したものである。上段の図は、踵着地時の変形が最大に達したM時点を示したものである。M時点までは、歩行者は、おもに踵で床の変形を感じているものと推察できる。一方、下段の図は、踵着地後、土踏まずや足裏前半部が着地し、変形の復元量が最大に達した時点(以降“R時点”と記す)を示したものである。歩行者は、M時点からR時点にかけて、踵を含む足裏全体で床表面の傾きを感じているものと推察できる。

そこで、傾きの指標として、M時点に代わり、R時点での変形の測定結果から求められる、 $(D_{R40} - D_{R50})/10$ の適用を試みることにした。ここで、 $D_{R40}$ 、 $D_{R50}$ は、R時点における載荷面中心

より 40, 50mm の位置での変形を表す。一方、載荷面と周囲の変形の差については、載荷面の変形は M 時点までに感じているのに対し、周囲の変形は M 時点から R 時点にかけて感じているものと推察できることから、 $D_{max40}$  の代わりに  $D_{R40}$  を用いた  $D_{max}' - D_{R40}$  の適用を試みることにした。

図 2.20 に、M 時点と R 時点での、載荷面中心および測定線上の変形の例を示す。図中、太

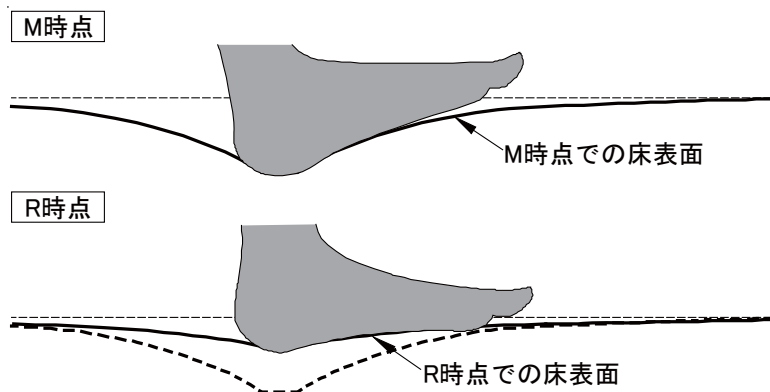


図 2.19 歩行者の足の接地状況と床の変形挙動（模式図）

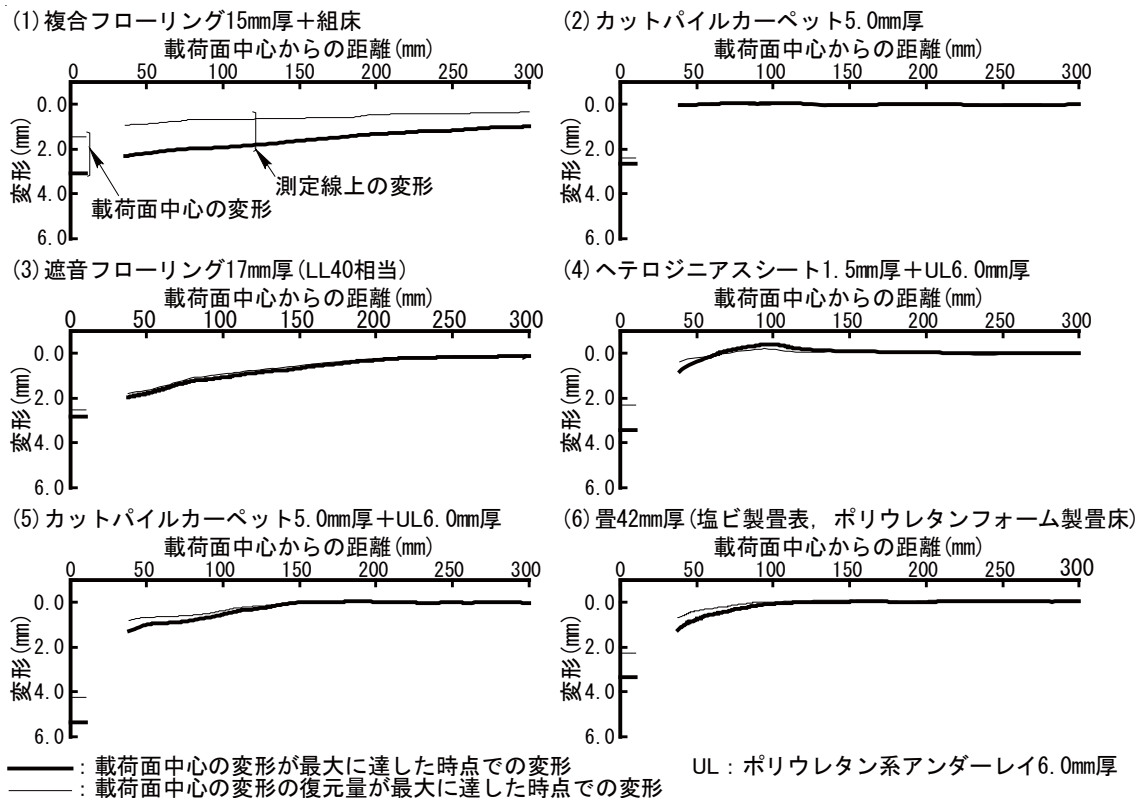


図 2.20 M 時点と R 時点での載荷面中心および測定線上の変形の例

線は M 時点、細線は R 時点での変形を表す。図より、例えば  $D_{max}'$ 、 $D_{max40}$  が同程度の (1) と (3) を比較すると、 $D_{max}'$  に対する  $D_R'$  の割合が小さい (3) の方が、 $D_{max}' - D_{R40}$  が小さくなっていることがわかる。このように、 $D_{max}' - D_{max40}$  の代わりに  $D_{max}' - D_{R40}$  を用いることにより、 $D_{max}'$  に対する  $D_R'$  の割合が小さい床ほど、載荷面と周囲の変形の差が相対的に小さく評価され、評価が低下する床と判別される可能性が高くなる。この結果は、7. で述べた変形の時間的な変化に関する検討結果と整合する。

図 2.21 に、各試料床の  $(D_{R40} - D_{R50})/10$  と  $D_{max}' - D_{R40}$  の関係を示す。図中の記号の形状、色は図 2.17 と同様である。図より、▼、■、●、◆で示す点と■、●、▲で示す点、および△で示す点の分布範囲は比較的明瞭に区別でき、図中点線で示すように境界線を設定しても、大きな間違いはないことがわかる。すなわち、この図により、足触りの影響により評価が低下する床を、その低下の程度も含めて、工学的に十分な精度で判別できることが明らかとなったといえる。

以上より、図 2.21 を、足触りの影響で評価が低下する床の判別指標として提示する。図は、変形の面的な広がりや時間的な変化の 2 つの要因を、歩行の動作特性に基づいて複合したものであり、これらの要因により「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りが生起されるメカニズムを忠実に取り込んだ判別指標と位置付けることができる。ただし、境界線については、今後のデータの蓄積に応じて、適宜確認、修正してゆく必要があると考える。

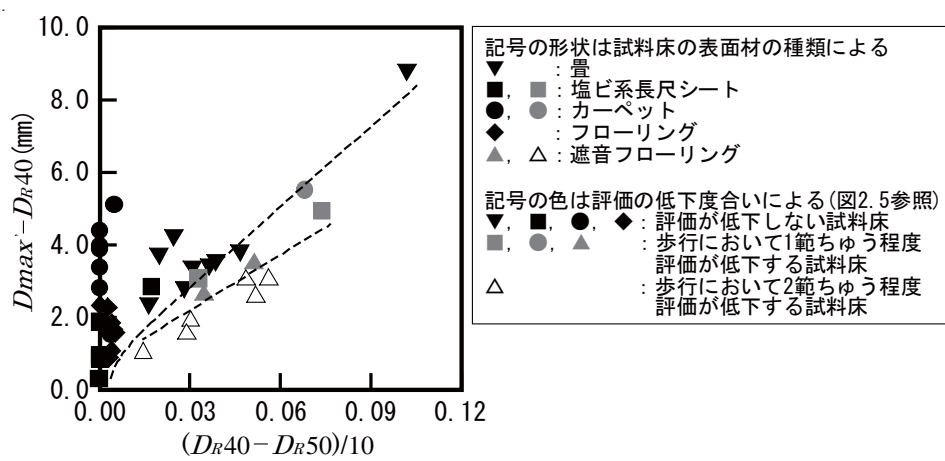


図 2.21 (D<sub>R40</sub> - D<sub>R50</sub>)/10 と D<sub>max</sub>' - D<sub>R40</sub> の関係

## 2.6 判別方法の提示

2.5までの検討結果から、足触りの影響で評価が低下する床の判別方法を、以下の通り提示する。

- 1) 指針に規定された測定装置を改良した装置を用い、評価対象床の変形性状を、装置の載荷面近傍を含めて測定する。
- 2) 1)の測定結果から、 $(D_{R40} - D_{R50})/10$  と  $D_{max}' - D_{R40}$  を求め、図 2.21 に示した判別指標と照合する。

上記の判別方法は、歩行時と近似した動的荷重を与えた時の床の変形性状の測定結果から、「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りを生起させる要因を抽出し、そのメカニズムを忠実に取り込んだ判別指標と照合するものであり、足触りが生起されるメカニズムに忠実な判別方法とみなすことができる。

以上の判別方法確立後、新たに、試料床とは別の遮音フローリング (LL40:3種, LL45:8種) を用意し、直張り床として施工したものに判別方法を適用した。その結果を、図 2.22 に示す。図中、赤、青の小さい△が、新たに検討した直張り遮音フローリング (赤: LL40, 青: LL45) を示す。また、赤、青で示す大きい△が、本研究で試料床として設定した床のうち、緩衝材を設けたものも含めた直張り遮音フローリング (赤: LL40, 青: LL45) を示す。

図に示す通り、直張り遮音フローリングは特定の領域に分布しており、本研究で試料床に採用した遮音フローリングが、実在する、もしくは今後開発される可能性があると思われる直張り遮音フローリングの範囲を包含していることが分かる。以上より、本研究で採用した表面材2種と緩衝材の組合わせた遮音フローリングで十分な検討が行えていることが確認できた。

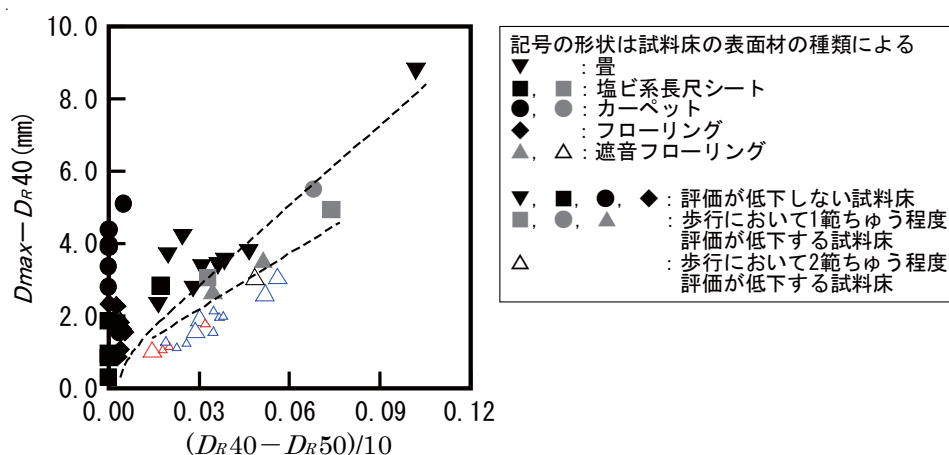


図 2.22 種々の直張り遮音フローリングへの判別方法の適用結果

## 2.7 本章の結論

「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りの影響で評価が低下する床の判別方法を提示することを目的とした本章の結論をまとめると、以下の通りである。

- 様々な材料，構法の床を対象に歩行，立位時の快適性に関する官能検査を実施し、心理学的尺度を構成した。構成した尺度相互の関係を検討した結果、歩行と立位の評価はおおむね同様であった。
- 官能検査に用いた試料床を対象に床性能評価指針に規定された評価方法を適用し、構成した心理学的尺度との関係を検討した結果、遮音フローリングをはじめとした、表層部の剛性が比較的強く、緩衝層を有する一部の床については指針を適用できないことを明らかにした。
- 歩行時と近似した動的荷重を与えた時の床の変形状を軽微な荷重領域から測定できるよう、指針規定装置の仕様を変更した。この装置を、“仕様変更後の測定装置”と定義する。
- 仕様変更後の測定装置による床の変形の面的な広がりや時間的な変化の測定結果と、評価の低下の有無，程度との関係を検討した。その結果、変形の面的な広がりに着目すると、装置の載荷面近傍における床表面の傾きが大きく、かつ載荷面と周囲の変形の差が小さい床において、評価が低下する可能性があることが明らかとなった。また、変形の時間的な変化に着目すると、踵着地時の変形に対するその後の復元量の割合が小さい床において、評価が低下する可能性があることが明らかとなった。
- 変形の面的な広がりや時間的な変化の2つの要因を、歩行の動作特性に基づいて複合することにより、「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りが生起されるメカニズムを忠実に取り込んだ、評価が低下する床の判別指標を提示した。また、仕様変更後の床のかたさ測定装置による変形状の測定結果を、判別指標と照合する方法を、足触りが生起されるメカニズムにより忠実な判別方法として提示した。

### 第 3 章

#### 各種動作時の快適性からみたかたさに関する心理学的尺度の構成

## 第3章 各種動作時の快適性からみたかたさに関する心理学的尺度の構成

### 3.1 本章の目的

2章では、歩行時の足触りの影響で床のかたさの評価が低下する床の判別方法を確立した。この方法は、指針に規定された床のかたさの評価方法と併用することで、適切にかたさを評価可能である。

ここで、1.1で述べた通り、上足床では日常的に、足裏のみが床と接触する歩行、立位だけでなく、腰下ろし、立上り、寝返り、膝歩きなどの動的な動作のほか、正座、あぐら、仰向け、うつ伏せなどの静的な動作（姿勢）が行われる。このように、おもに足裏以外が床と接触する上足床特有の動作では、床と接触する身体部位や、接触時の床および身体部位の挙動などが著しく多様化する。しかし、これらの動作時の快適性からみた床のかたさの評価方法は、十分整備されているとはいえない。

また、各種動作時の床のかたさの感じ方には、心地よさ、動作のしやすさ、またこれらを総合的に判断した適、不適、さらには同じ姿勢をとり続けた際にどの程度のいたさが予測されるかなどがある。そのため、床と動作の組み合わせによっては、「心地よいが動作はしにくい床」、もしくは「心地よくないが動作はしやすい床」があることも考えら、それぞれの感じ方について評価方法を検討する必要がある。

そこで本章は、歩行を含めた様々な動作時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法を体系的に整備するための第一段階として、各種動作時に感じる心地よさ、動作のしやすさ、いたさなどに関する官能検査を実施し、構成される心理学的尺度相互の関係を検討し、各種動作時に感じる床のかたさの観点から動作を分類することを目的とする。

### 3.2 対象動作の選定

上足床で一般的に行われる動作は、床と接触する身体部位の観点から、以下のように分類できる。

- ・足裏のみが接触する動作

歩行，立位

- ・おもに足裏以外が床と接触する動作

腰下ろし，立上り，座位（正座，体育座り，長座，あぐら），臥位（仰向け，側臥位，うつ伏せ，肘立てうつ伏せ），寝返り，膝歩き，膝立ち

また、動作中の動きの有無の観点からは、以下のように分類できる。

- ・動的な動作

歩行，腰下ろし，立上り，寝返り，膝歩き

- ・静的な動作（姿勢）

立位，座位（正座，体育座り，長座，あぐら），臥位（仰向け，側臥位，うつ伏せ，肘立てうつ伏せ），膝立ち

以上に列挙した各動作を整理して、表 3.1 に示す。本研究では、これらの動作全てを対象とするのが理想的ではあるが、官能検査の規模などを考慮すると現実的ではないことから、いくつかの動作を対象動作として選定することとした。

はじめに、足裏のみが接触する歩行と立位に関しては、動作時に感じるかたさ、感触からみたかたさの評価がほぼ同様となることが前章で明らかとなっている（図 2.1 参照）ことから、立位での評価は歩行で代替できるものと想定し、対象から除外することとした。

一方、おもに足裏以外が床と接触する動作に関しては、床と接触する身体部位の類似性などから、以下の事項が推察された。

- ・体育座り，長座，あぐらでは、いずれも臀部で感じるかたさ，感触が評価に大きく寄与する。このうち、かたさ，感触の差を最も感じやすいのは、臀部にかかる体重の割合が最も大きいあぐらである。
- ・側臥位，うつ伏せでの接触部位は、寝返りでの接触部位に包含されている。ここで、静的な動作（姿勢）である側臥位，うつ伏せより、動的な動作である寝返りの方が、かたさ，感触の差を感じやすい。
- ・膝歩きと膝立ちは、接触部位が一致している。ここで、静的な動作（姿勢）である膝立ちより、動的な動作である膝歩きの方が、かたさ，感触の差を感じやすい。



以上より、体育座り、長座での評価はあぐらで、側臥位、うつ伏せでの評価は寝返りで、膝立ちでの評価は膝歩きで、それぞれ代替できるもの想定し、対象から除外することとした。最終的に選定した9種の対象動作を、表3.1に◎で示す。

表 3.1 上足床で一般的に行われる動作の分類と本研究の対象動作

	床と接触する身体部位	
	足裏のみ	おもに足裏以外
動的な動作	歩行◎	腰下ろし◎, 立上り◎, 寝返り◎, 膝歩き◎
静的な動作 (姿勢)	立位	座位(正座◎, 体育座り, 長座, あぐら◎), 臥位(仰向け◎, 側臥位, うつ伏せ, 肘立てうつ伏せ◎), 膝立ち

◎：本研究で対象とした動作

### 3.3 心理学的尺度の構成

#### 3.3.1 官能検査の概要

3.2 で選定した 9 種の動作を対象に、官能検査を実施した。検査の概要を、表 3.2 に示す。以下に、おもな事項について説明を加える。

##### (1) 構成する尺度および尺度構成手法

構成する尺度は、表 3.1 に示す動的な動作に関しては、動作時に感じる心地よさの程度を表す“心地よさ尺度”、動作のしやすさの程度を表す“動作のしやすさ尺度”、および心地よさと動作のしやすさを勘案した総合的な適、不適の程度を表す“適性尺度”の 3 種とした。一方、静的な動作（姿勢）に関しては、前述の“心地よさ尺度”と、長時間同じ姿勢をとり続けた場合に予想されるいたさの程度を表す“長期いたさ予測尺度”の 2 種とした。

尺度構成手法は、系列範ちゅう法<sup>23)</sup>とした。判断範ちゅうは、表 3.2 に示す通りである。

##### (2) 検査試料

検査試料として、表面材、下地、および表面材と下地の間に挿入する緩衝材の組合せが異なる、26 種の試料床を製作した。試料床の概要を表 3.3 に示す。表中、○で示す表面材、緩衝材、下地の組合せが、検査試料とした試料床を表す。検査試料の設定にあたっては、以下の点に留意した。

- ・実在する、あるいは今後開発されると思われる種々の材料、構法の床の範囲を包含するよう、多様な変形性状を有する試料床群とする。
- ・検査員が所定の動作を行うのに十分な大きさとする。
- ・検査員に疲労、倦怠を感じさせない試料数とする。
- ・検査期間中、変形性状が変化しない試料床とする。

試料床の大きさは、それぞれ 900×3600mm とした。写真 3.1 に、試料床の例を示す。なお、動作位置により変形性状が異なる架構式の試料床では、動作位置を指定した。

##### (3) 動作、履物、衣服

動作は、3.2 で述べたとおり、表 3.1 に◎で示す 9 種を床上で行ってもらうこととした。履物および衣服は、試料床との接触部位で感じる温冷感などの影響をできる限り排除する観点から、木綿製のくつ下、および長袖、長ズボンのジャージとした。

##### (4) 検査員

検査員は、同様の刺激を対象とした 2 章の検査の結果、男女による判断の差はほとんどないことが明らかとなったことから、健常な成人男性 10 名（年齢 21 ～ 53 歳，身長 168 ～ 184cm，

体重53～99kg)とした。ここで、本検査では、高齢者や幼児なども対象とすることが望ましいが、危険がともなうなどの理由で現実的には困難なことから、検査は実施しないこととした。なお、高齢者や幼児などからみた評価は、健常な成人を対象とした検査結果から類推するのが、現段階では現実的な方法と考える。

表 3.2 官能検査の概要

尺度構成手法	系列範ちゅう法			
構成する尺度	心地よさ尺度	動作のしやすさ尺度	適性尺度	長期いたさ予測尺度
質問事項	この床は、かたさや感触の観点から、			この床は、長時間同じ姿勢をとり続けた場合、
判断範ちゅう	⑦非常に心地よい ⑥かなり心地よい ⑤やや心地よい ④どちらともいえない ③やや心地わるい ②かなり心地わるい ①非常に心地わるい	⑦非常に動作しやすい ⑥かなり動作しやすい ⑤やや動作しやすい ④どちらともいえない ③やや動作しにくい ②かなり動作しにくい ①非常に動作しにくい	⑦非常に適している ⑥かなり適している ⑤やや適している ④どちらともいえない ③やや不適である ②かなり不適である ①非常に不適である	⑦全く痛くならなさそうである ⑥…………… ⑤やや痛くなりそうである ④…………… ③かなり痛くなりそうである ②…………… ①非常に痛くなりそうである
動作	表3.1に示す9種の動作 (動的な動作は心地よさ尺度、動作のしやすさ尺度、適性尺度、静的な動作(姿勢)は心地よさ尺度、長期いたさ予測尺度を構成)			
検査試料	表3.3に示す26種の試料床			
検査員	成人男性10名(年齢21～53歳, 身長168～184cm, 体重53～99kg)			
履物および衣服	くつ下および長袖, 長ズボンのジャージ			

表 3.3 試料床の概要

表面材	分類 下地 緩衝材	直床			架構式床		
		無	RCスラブ		パネル床 A*2	パネル床 B*3	乾式 二重床*4
			UL 12mm厚	UL 24mm厚			
畳	畳42mm厚(イ草製畳表, 建材畳床I形*1)	○			○		○
	畳42mm厚(塩ビ製畳表, ポリウレタンフォーム製畳床)	○			○		
塩ビ系 長尺シート	クッションフロアー3.0mm厚	○			○	○	○
	クッションフロアー3.2mm厚	○					
	ヘテロジニアシート1.5mm厚	○	○				
カーペット	カットパイルカーペット5.0mm厚	○	○		○	○	○
フローリング	複合フローリング15mm厚	○			○	○	○
	遮音フローリング17mm厚(LL45相当)	○		○	○	○	○

\*1: JIS A 5914

\*2: 大引: 90×90mm@900mm, 捨板: 合板18mm厚

\*3: 大引: 90×90mm@900mm, 捨板: 合板24mm厚

\*4: 束脚: @450mm(底ゴム: 3mm厚, ショアA硬度65), パネル: パーティクルボード20mm厚

\*2～4: RCスラブ上に設置

UL: ポリウレタン系アンダーレイ

○: 本研究で対象とした試料床



写真 3.1 試料床の例

### 3.3.2 官能検査の経過、結果および心理学的尺度の構成

3.3.1 で述べた条件にしたがって、官能検査を実施した。検査は、検査員の疲労を考慮し、動作ごとに別々の日に実施した。1つの動作の検査に要した時間は、各検査員とも30～60分程度であった。また、試料床の提示順序は、検査員、動作ごとにランダムとした。検査の際、検査員には、住居の居室などを想定して動作すること、床のすべりや温冷感などかたさ以外の要因は判断に入れないこと、疲れたらいつでも申し出ることを教示した。

表3.4に、検査員の回答の分散分析結果を示す。いずれの動作、検査項目でも、主効果の分散比が高度に有意となっており、かつ寄与率も大きいことから、検査試料による刺激に十分な差異があったこと、本検査自体が有効であることがわかる。一方、個人差の分散比も一部を除いて有意となっているが、いずれも寄与率が主効果と比較して十分に小さいことから、構成される尺度は、検査員間に内在する個人差を内包するものの、各検査試料のかたさに対する平均的な判断を表す尺度として十分有効とみなすことができる。

以上より、尺度構成手法<sup>24)</sup>にしたがって、動的な動作5種×検査項目3種＝15種、および静的な動作(姿勢)4種×検査項目2種＝8種、計23種の心理学的尺度を構成した。

表 3.4 分散分析結果

		歩行		腰下ろし		立上り		寝返り		膝歩き	
		分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
心地よさ	主効果	9.61**	44.27%	16.78**	61.19%	11.14**	50.37%	29.61**	70.93%	26.81**	67.14%
	個人差	2.32*	2.44%	3.16*	2.68%	3.09*	3.32%	8.50**	5.95%	11.36**	8.63%
動作のしやすさ	主効果	7.60**	36.56%	11.87**	53.11%	5.71**	33.49%	19.70**	60.72%	16.07**	56.98%
	個人差	4.05**	6.08%	1.88	1.37%	1.10	0.23%	9.66**	9.01%	7.43**	7.78%
適、不適	主効果	8.97**	41.47%	13.13**	56.21%	8.79**	45.33%	29.92**	70.81%	21.69**	64.19%
	個人差	3.45**	4.59%	1.41	0.61%	1.24	0.44%	9.13**	6.37%	7.95**	6.90%

		正座		あぐら		仰向け		肘立てうつ伏せ	
		分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
心地よさ	主効果	15.22**	48.81%	18.55**	56.50%	22.22**	59.64%	23.65**	63.16%
	個人差	13.63**	15.61%	9.76**	10.15%	12.13**	11.25%	8.93**	7.96%
長期いたさ予測	主効果	16.04**	49.13%	14.70**	55.35%	22.93**	61.88%	23.46**	63.69%
	個人差	15.48**	17.03%	2.92*	2.79%	9.74**	8.88%	7.80**	6.94%

\*\*：危険率1%以下で有意

\*：危険率5%以下で有意

### 3.4 心理学的尺度相互の関係の検討

#### 3.4.1 評価の観点による心理学的尺度相互の関係の検討

図 3.1～3.9 に、同一の動作で構成した尺度の関係を示す。図中、①～⑦で示す破線は、官能検査に用いた判断範ちゅう（表 3.2 参照）の尺度上の位置を表す。

図に示すように、図 3.1 の歩行の場合、それ以外の動作と比較して、対応から外れている点がいくつかみられる。すなわち、評価の観点異なる 3 種の尺度で、一部の試料床の序列が入れ替わっていることがわかる。このことは、試料床の動的変形挙動の測定結果から心理学的尺度と対応する物理的指標である“性能値”を設定する際、評価の観点ごとにそれぞれ異なる性能値を設定する必要があることを意味している。

一方、図の図 3.2～3.9 に示す上足床特有の動作の場合、対応から外れている点は見当たらない。この結果は、他の動作でも同様であった。このことは、3 種または 2 種の尺度のうちいずれか 1 つの尺度と対応する性能値を設定できれば、その性能値が他の尺度ともよい対応を示すことを意味している。

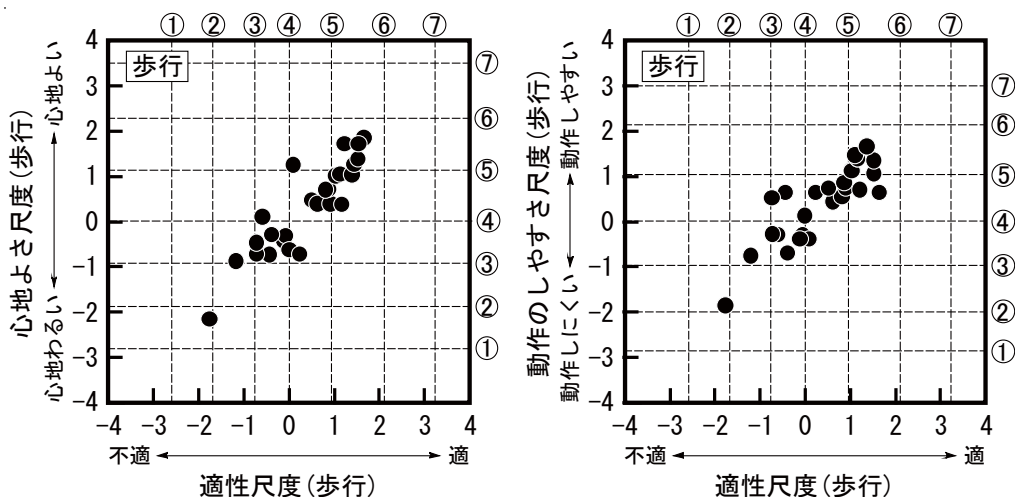


図 3.1 評価の観点による心理学的尺度相互の関係（歩行）

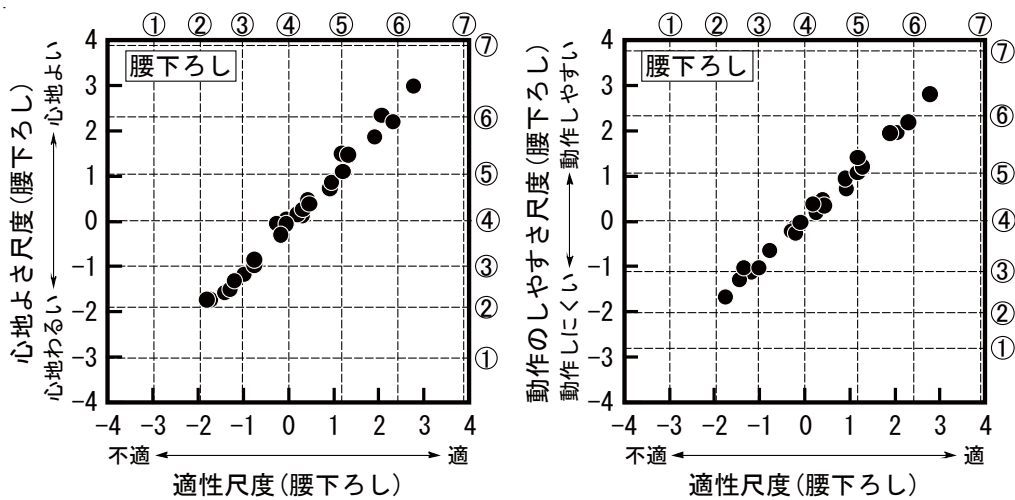


図 3.2 評価の観点による心理学的尺度相互の関係（腰下ろし）

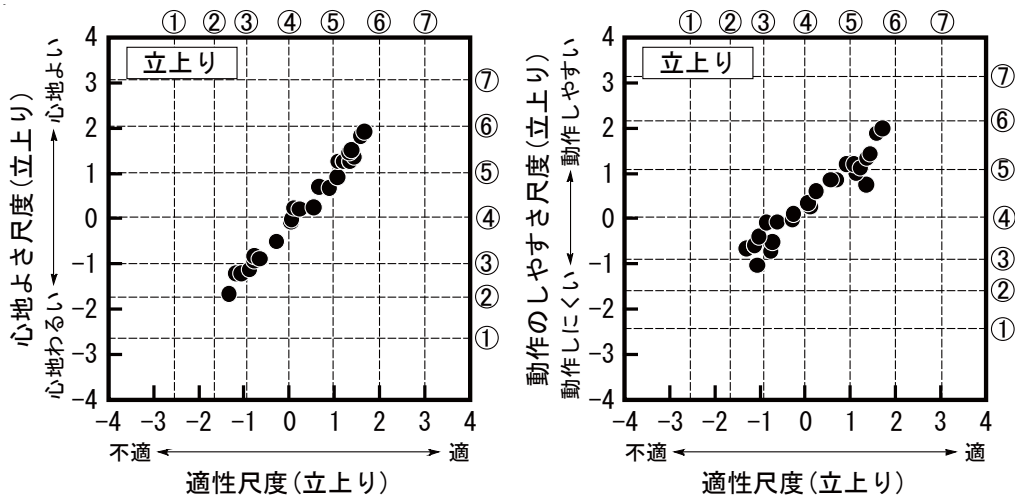


図 3.3 評価の観点による心理学的尺度相互の関係（立上り）

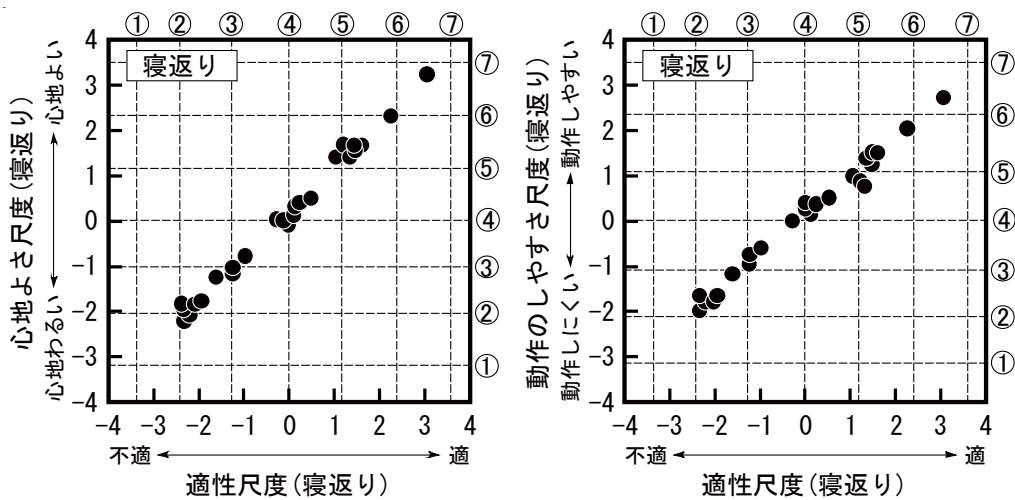


図 3.4 評価の観点による心理学的尺度相互の関係（寝返り）

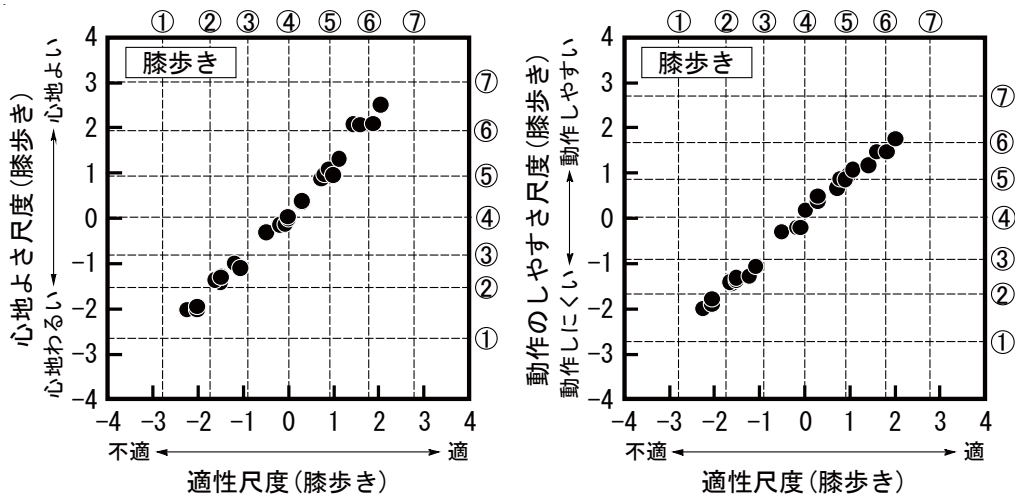


図 3.5 評価の観点による心理学的尺度相互の関係 (膝歩き)

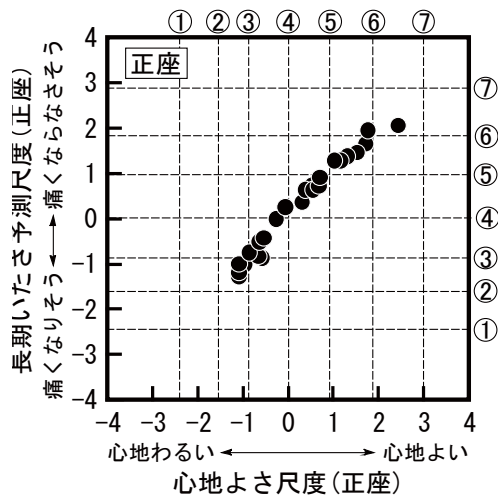


図 3.6 評価の観点による心理学的尺度相互の関係 (正座)

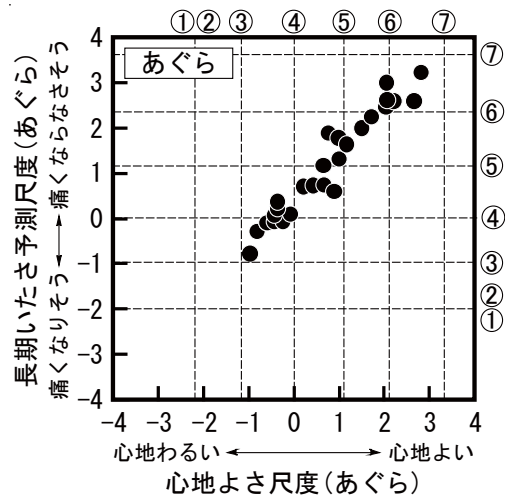


図 3.7 評価の観点による心理学的尺度相互の関係 (あぐら)

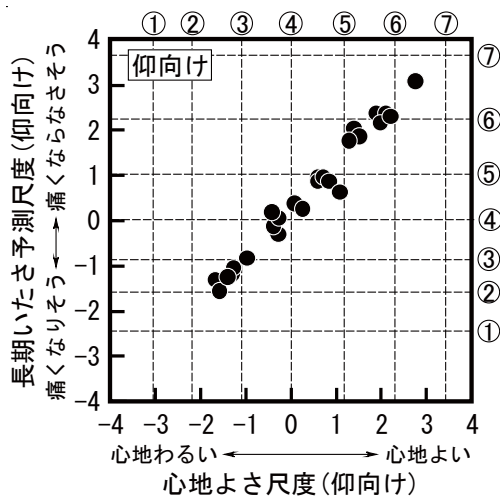


図 3.8 評価の観点による心理学的尺度相互の関係 (仰向け)

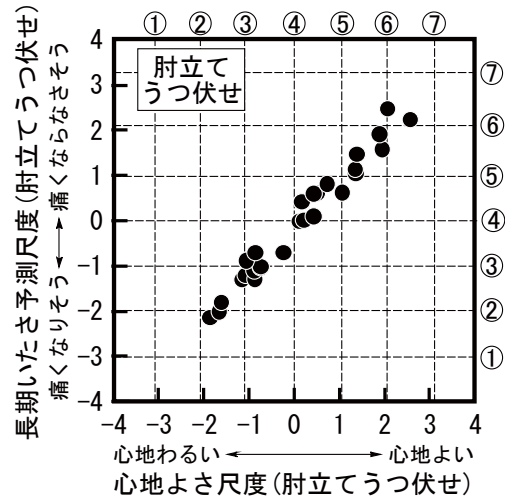


図 3.9 評価の観点による心理学的尺度相互の関係 (肘立てうつ伏せ)

### 3.4.2 動作による心理学的尺度相互の関係の検討

図 3.10, 3.11 に、異なる動作で構成した尺度の関係の例として、心地よさ尺度相互の関係を示す。図 3.10 は歩行と上足床特有の動作、図 3.11 は上足床特有の動作間での尺度の関係を示したものである。図中の①～⑦の破線は、図 3.1 と同様である。

図 3.10 に示す、歩行と上足床特有の動作では、よい対応は得られておらず、試料床の序列が大きく異なることがわかる。この傾向は、他の尺度相互の関係でも同様であった。この理由として、歩行時に床と接触する足裏と、上足床特有の動作時に床と接触する足裏以外の身体部位では、接触時の床および身体部位の挙動や、床のかたさの感じ方が大きく異なることが考えられる。このことは、少なくとも歩行と上足床特有の動作では、床の変形挙動を測定する際の荷重条件を別々に設定しなければ、心理学的尺度と対応する性能値は設定できないことを示唆している。

一方、図 3.11 では、図 3.10 と比較してよい対応が得られており、上足床特有の動作間では、試料床の序列は大きくは変化していないことがわかる。この傾向は、他の尺度相互の関係でも同様であった。この理由として、上足床特有の動作では、床と接触する身体部位は異なるものの、接触時の床および身体部位の挙動や、床のかたさの感じ方に類似性があることが想定される。このことは、対象とした上足床特有の動作の中から 1 つの動作を選定し、この動作を置換した荷重条件で床の変形挙動を測定することにより、いずれの上足床特有の動作による心理学的尺度とも対応する性能値を設定できる可能性が高いことを示唆している。



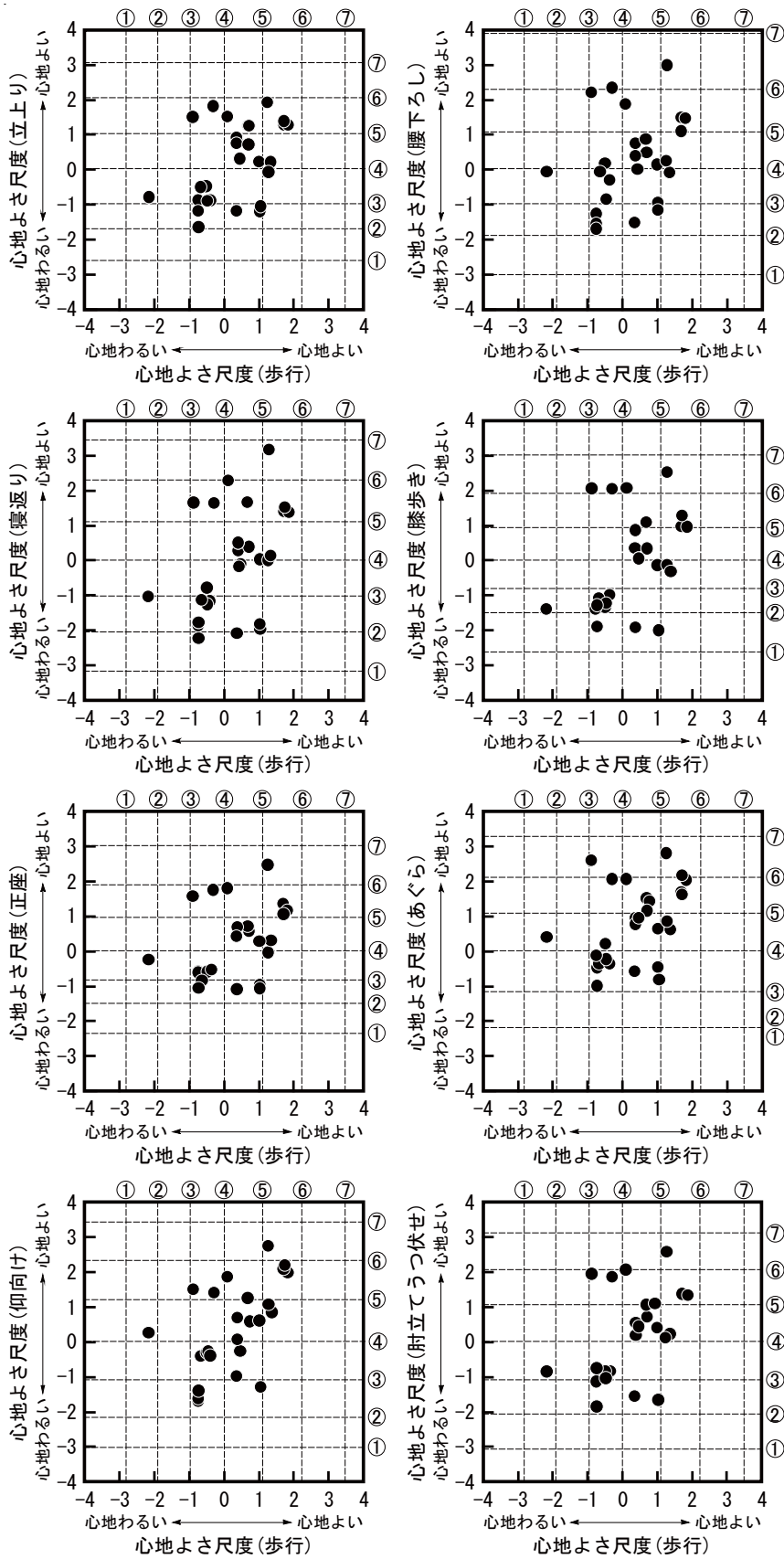


図 3.10 動作による心理学的尺度相互の関係の例 (歩行と上足床特有の動作, 心地よさ尺度)

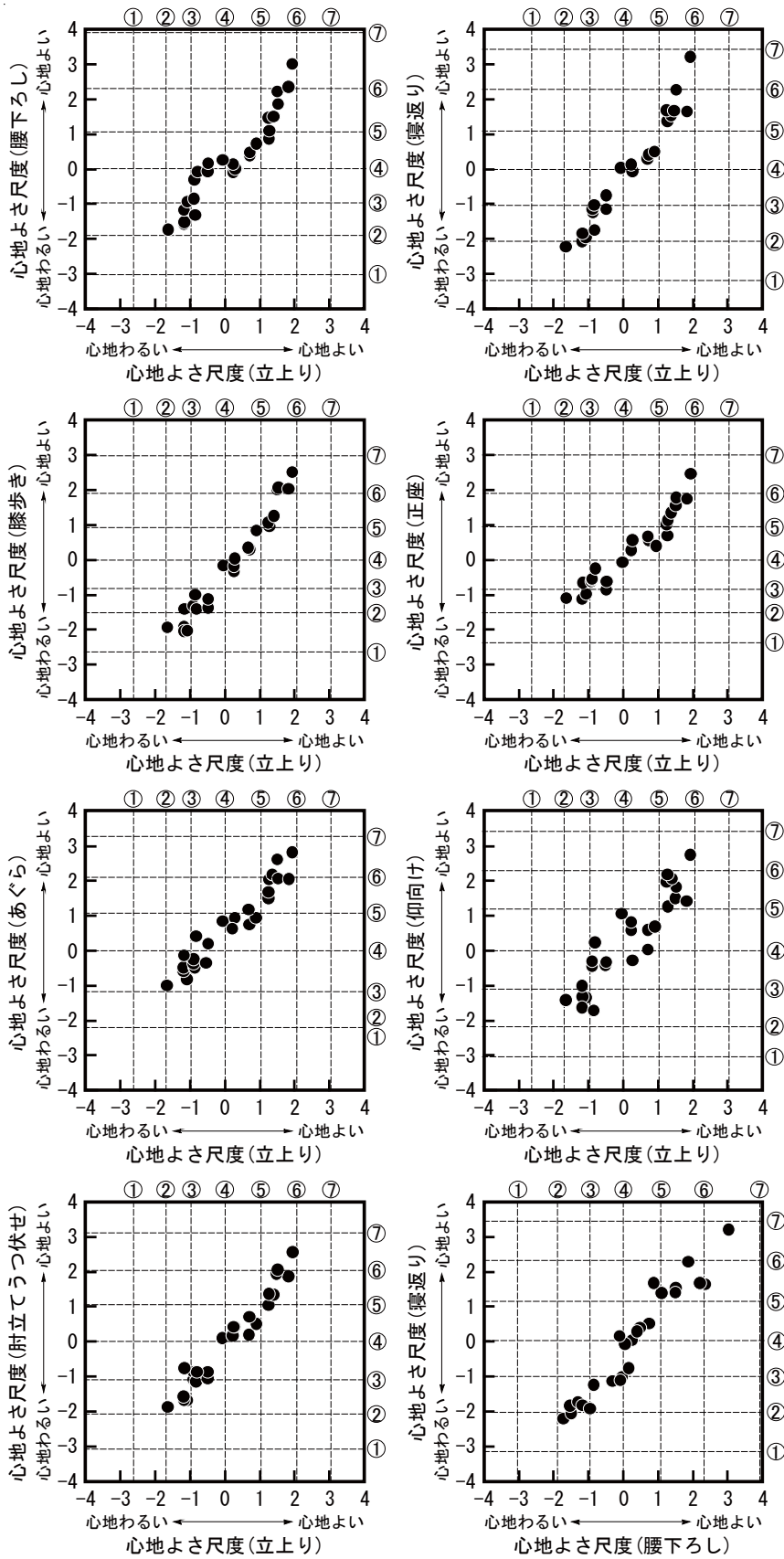


図 3.11-(1) 動作による心理学的尺度相互の関係の例 (上足床特有の動作間, 心地よさ尺度)

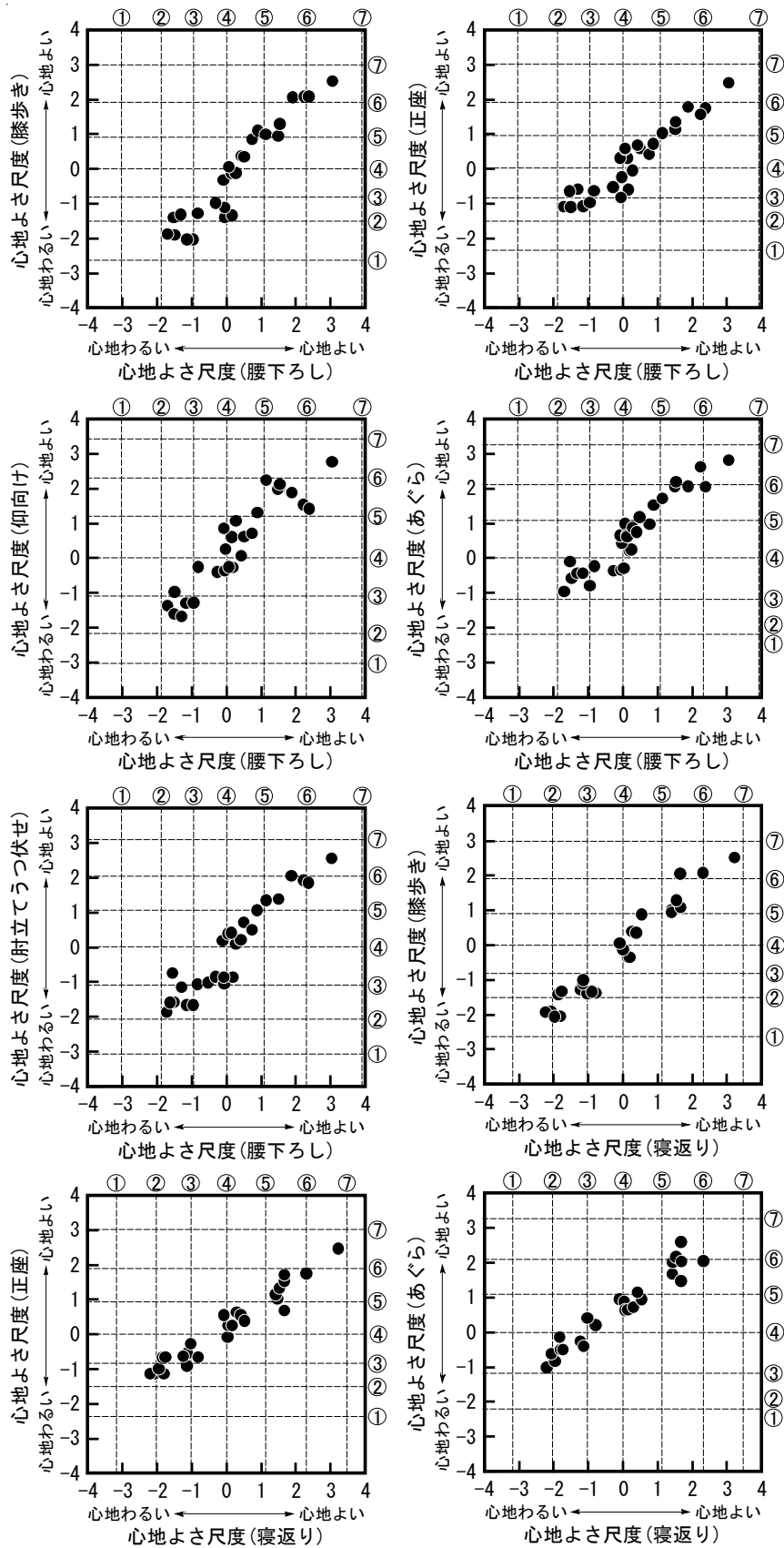


図 3.11-(2) 動作による心理学的尺度相互の関係の例 (上足床特有の動作間, 心地よさ尺度)

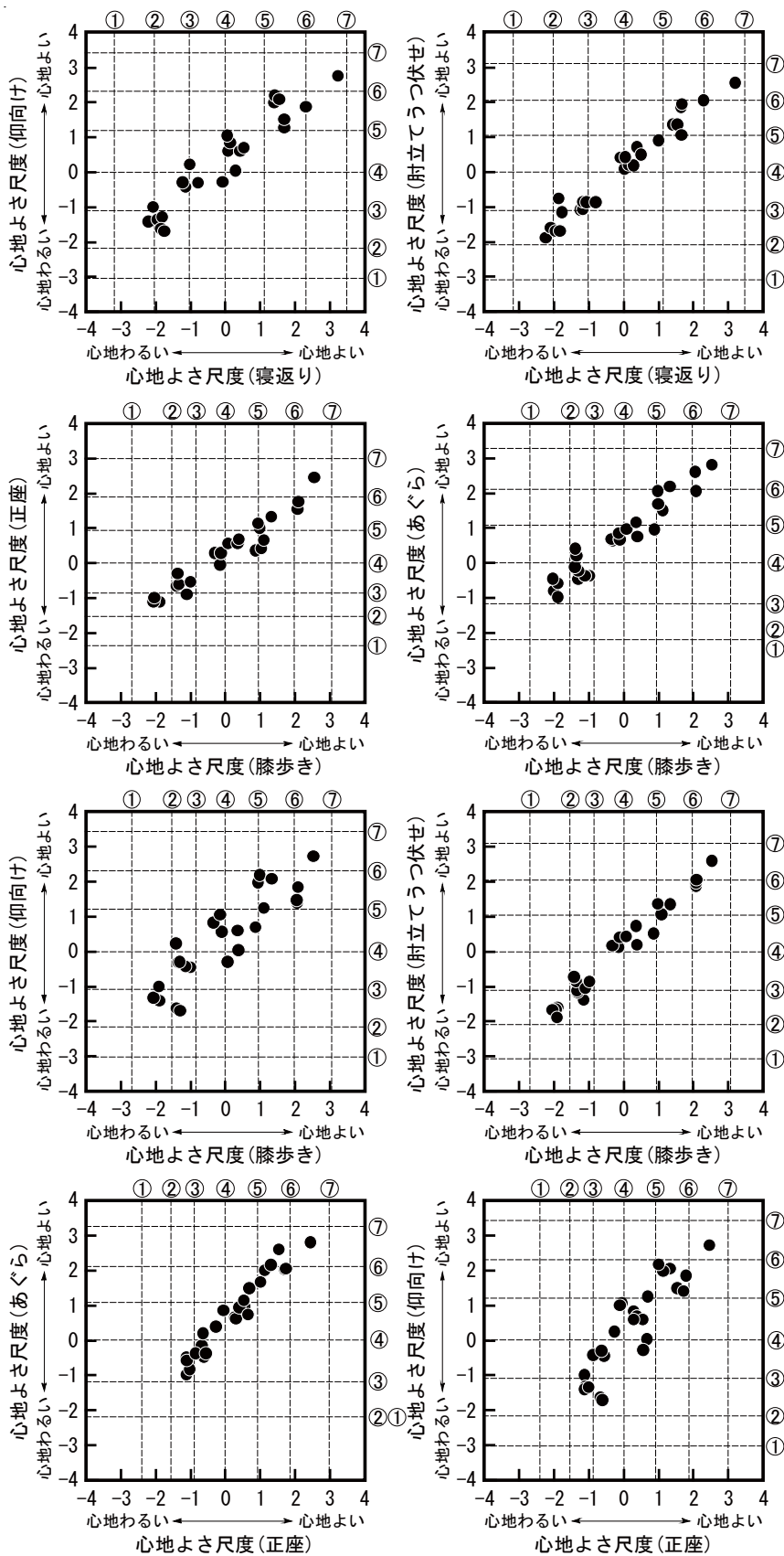


図 3.11-(3) 動作による心理学的尺度相互の関係の例 (上足床特有の動作間, 心地よさ尺度)

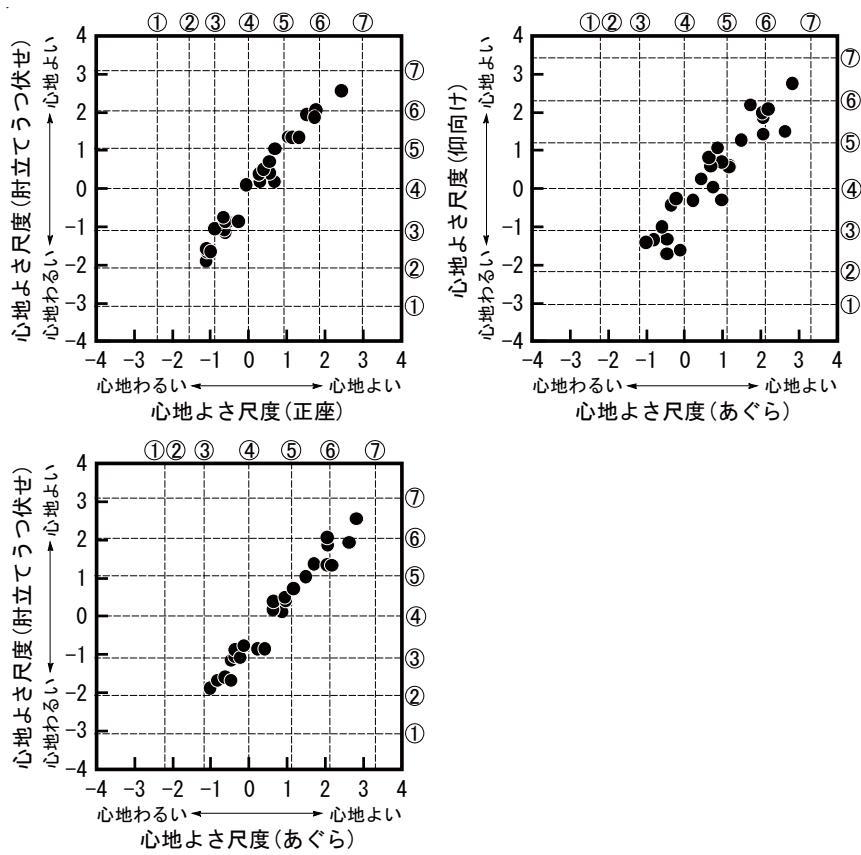


図 3.11-(4) 動作による心理学的尺度相互の関係の例 (上足床特有の動作間, 心地よさ尺度)

### 3.5 床のかたさの評価の観点に基づいた動作の分類

3.4 の検討の結果、本研究で選定した対象動作は、床のかたさを評価する観点から、足裏のみが接触する歩行と、おもに足裏以外が接触する上足床特有の動作の 2 種に分類できることが、明らかとなったといえる。この結果は、足裏が、日常生活において、比較的小さい面積で全体重を支えなければならない唯一の身体部位であり、歩行のように不安定な動作を安全かつ効率的に行うために、他の部位にはない特有な感覚機能が必要と思われる部位であることを考慮すると、理解しやすい。

### 3.6 本章の結論

歩行を含めた様々な動作時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法を体系的に整備するための第一段階として、各種動作時に感じる心地よさ、動作のしやすさ、いたさなどに関する官能検査を実施した本章の結論をまとめると、以下の通りである。

- 上足床で行われる様々な動作から、床と接触する身体部位の類似性などを考慮して、9種の対象動作を選定した。対象動作のうち、動的な動作については、心地よさ、動作のしやすさ、またそれらを総合した適性に関する官能検査を実施した。静的な動作(姿勢)については、心地よさ、長期いたさ予測に関する官能検査を実施した。得られた結果を用いて各心理学的尺度を構成した。
- 歩行時の評価の観点による心理学的尺度相互の関係を検討した結果、異なる尺度間で一部の試料床の序列が異なっていた。すなわち、歩行に関しては、心地よさ尺度、動作のしやすさ尺度、適性尺度についてそれぞれ異なる性能値を設定する必要があることを明らかにした。
- 上足床特有の動作時の評価の観点による心理学的尺度相互の関係を検討した結果、異なる尺度間でもいずれもよい対応が得られていた。すなわち、動的な動作に関しては心地よさ尺度、動作のしやすさ尺度、適性尺度のいずれか1つ、静的な動作(姿勢)に関しては心地よさ尺度、長期いたさ予測尺度のいずれか1つについて性能値を設定できれば、他の尺度も評価できることを明らかにした。
- 動作による心理学的尺度相互の関係を検討した結果、歩行と上足床特有の動作では、試料床の序列が大きく異なるため、それぞれ異なる性能値を設定する必要があることを明らかにした。また、上足床特有の動作間では、動的な動作、静的な動作(姿勢)にかかわらず、いずれもよい対応が得られていることから、これらの動作の中から1つの動作を選定し、この動作を置換した荷重条件で床の変形挙動を測定することにより、各種動作による心理学的尺度と対応する性能値を設定できる可能性が高いことを明らかにした。

## 第 4 章

### 歩行時の快適性からみたかたさの評価方法の提示



## 第4章 歩行時の快適性からみたかたさの評価方法の提示

### 4.1 本章の目的

3章の心理学的尺度相互の関係の検討により、上足床で行われる動作は、床のかたさの評価の観点から、足裏のみが床と接触する歩行と、おもに足裏以外が床と接触する上足床特有の動作に大きく分類できることが明らかとなった。本章では、その結果をふまえ、既往の研究や2章などで比較的多くの研究成果が蓄積されている歩行を対象に、快適性からみたかたさの評価方法を確立することを目的とする。

歩行の評価方法については、2章にて確立した、足触りの影響でかたさの評価が低下する床の判別方法を実施したうえで、日本建築学会床性能評価指針に規定された評価方法を適用することで、適切に評価できることを明らかにしている。しかし、この方法は、指針規定装置による測定と仕様変更後の測定装置による測定をともに実施する必要がある。ここで、両装置は、床に与える荷重は近似していることから、後者による測定結果のみに基づいてかたさを評価できる可能性が高いと推察できる。また、2章の判別方法は、感触の影響による評価の低下の有無を判別するのみであり、評価の低下度合いを連続的に考慮できるものではない。そこで本章では、仕様変更後の測定装置による測定結果のみに基づき、足触りの要因を加味した歩行時の床のかたさの評価方法を検討する。

## 4.2 測定装置による変形挙動の測定および心理学的尺度との関係の検討

### 4.2.1 試料床の変形挙動の測定

2.3.1で述べた指針規定装置(図2.3参照)を用い、3章で官能検査に用いた試料床(表3.3参照)を対象に動的変形挙動を測定し、各試料床の測定結果から床のかたさを表す性能値  $T$  を算出した。なお、試料床上の測定点は、官能検査時の検査員の動作位置と整合するよう設定した。

つぎに、2.4.3で述べた仕様変更後の測定装置(図2.10参照)を用い、試料床の動的変形挙動を測定した。測定状況は図2.12に示す通りである。本測定でも、シャフト頂部に取り付けた変位変換器で、載荷面中心(荷重板の中心)の変形を測定するとともに、カラスプレーを用いて載荷面周囲の床表面にランダムに模様を付け、この模様を2台の高速度カメラで撮影した。撮影した画像を、2台のカメラによる画像の視差を利用して各点の変形を3次元で測定できるシステムを用いて解析し、載荷面周囲の床表面の変形を測定した。

図4.1に、仕様変更後の装置で測定された荷重・時間曲線、変形・時間曲線と、荷重の立ち上がり時点から変形が最大に達する時点までの荷重・変形曲線の例を示す。各試料床の変形・時間曲線から、M時点、およびR時点における載荷面中心の変形を求めた。一方、載荷面周囲の変形については、図2.14に示すように載荷面中心から放射方向に測定線を設定したうえで、上記システムによる測定結果から、M時点、およびR時点における測定線上の変形を求めた。ここで、測定線は、官能検査時の検査員の動作方向と整合するよう設定した。したがって、載荷面は歩行者の踵の着地位置に該当し、測定線は土踏まずや足裏前半部の接地位置に該当する。

図4.2に、M時点、およびR時点における、載荷面中心と測定線上の変形の例を示す。

ここで、2章での検討において、図に示す測定結果のうち、

$D_{max}'$ (mm) : M時点における載荷面中心の変形(すなわち変形の最大値)

$D_{R40}$ (mm) : R時点における載荷面中心から40mmの位置の変形

$D_{R50}$ (mm) : R時点における載荷面中心から50mmの位置の変形

から算出される以下の2つの値に基づいて、足触りの影響で評価が低下する床を判別できることを明らかにした。

- $(D_{R40} - D_{R50})/10$  : 土踏まずや足裏前半部が接地するR時点で足裏全体で感じる床表面の傾き(以降 " $D_{F1}$ " と記す)
- $D_{max}' - D_{R40}$  : 踵が着地するM時点で踵で感じる変形と、土踏まずや足裏前半部が接地する  $D_R$  時点で足裏全体で感じる変形の差(以降 " $D_{F2}$ " と記す)

以上の2つの値を、前者を横軸、後者を縦軸に取った判別図(図2.21参照)にプロットする

ことにより、評価の低下度合いを判別できる。よって、本研究では、各試料床の測定結果から  $D_{F1}$  と  $D_{F2}$  を算出した。

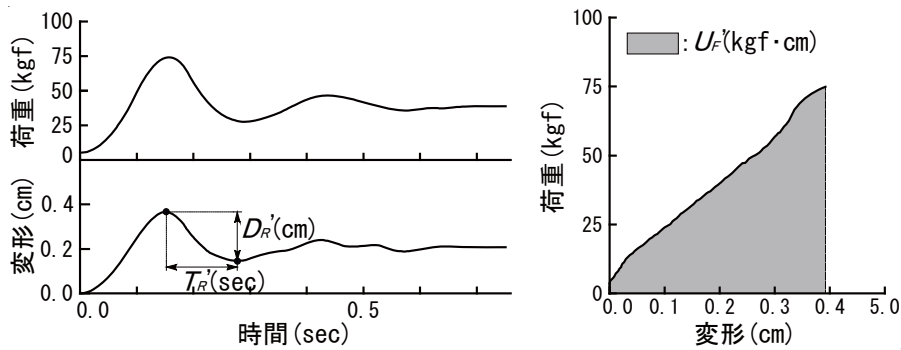


図 4.1 仕様変更後の測定装置で測定された荷重・時間曲線、変形・時間曲線と荷重の立ち上がり時点から変形が最大に達する時点までの荷重・変形曲線の例

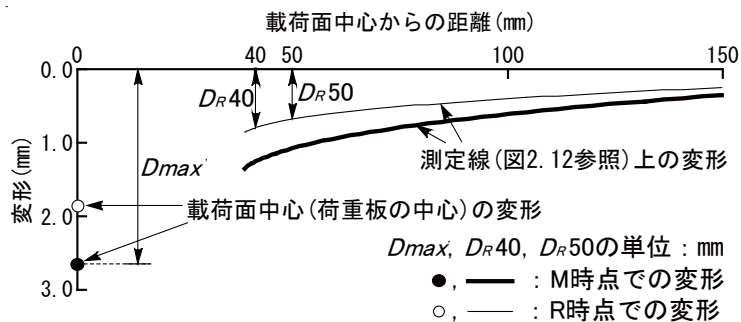


図 4.2 M 時点および R 時点における載荷面中心と測定線上の変形の例

#### 4.2.2 判別方法の適用性の確認

図 4.3 に、4.2.1 で算出した各試料床の  $D_{F1}$  と  $D_{F2}$  を、図 2.21 に示した判別図にプロットした結果を示す。図中の破線、一点鎖線は図 2.21 と同一であり、破線より上側の点は●、破線と一点鎖線の間は●、一点鎖線より下側の点は○で示してある。すなわち、●で示す試料床は感触の影響で評価が低下しない床、●で示す試料床は評価が 1 範ちゅう程度低下する床、○で示す試料床は評価が 2 範ちゅう程度低下する床と判別されたことを意味する。

図 4.4 に、3.3.2 で構成した歩行の場合の適性尺度と、4.2.1 で算出した各試料床の  $T$  の関係を示す。図中の①～⑦の破線の意味は図 3.1 と同様であり、各点の記号●, ●, ○は、それぞれの試料床を図 4.3 にプロットして判別した結果にしたがっている。図より、●で示す点は上に凸なる対応を示しており、図に点線で示すように、対応の中心傾向を示す曲線が得られることがわかる。また、●で示す点是对应曲線より 1 範ちゅう程度、○で示す点是对应曲線より 2 範ちゅう程

度評価が低下していることがわかる。この結果は、小野ら<sup>1),2)</sup> および横山ら<sup>3),4)</sup> と一致しており、既往のかたさの評価方法、および感触の影響で評価が低下する床の判別方法の適用性が確認できる。

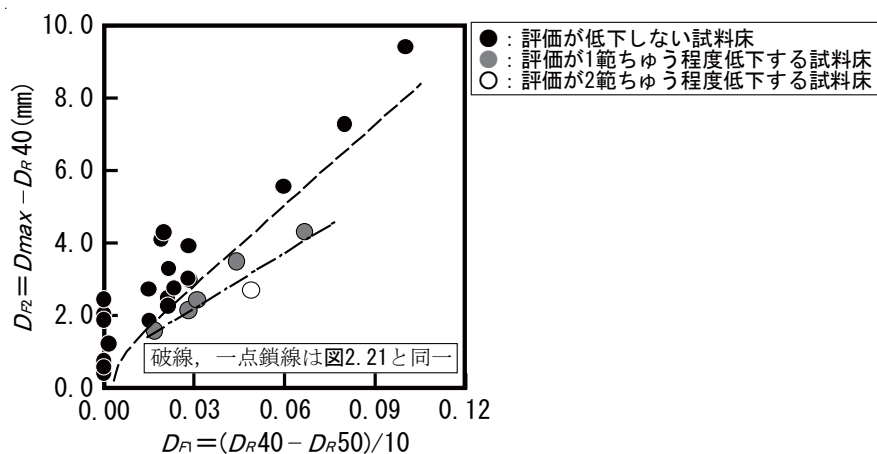


図 4.3 第 3 章で対象とした試料床の  $D_{F1}$  と  $D_{F2}$  の関係

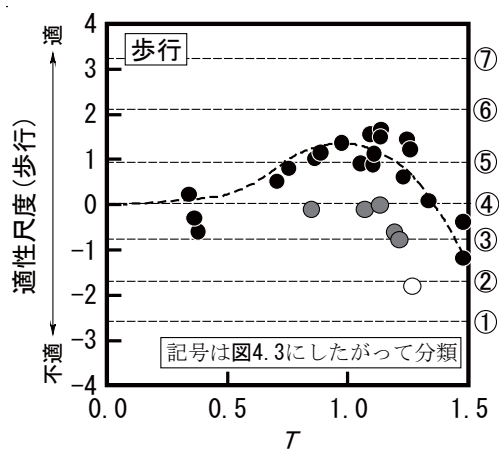


図 4.4 歩行の場合の適性尺度と  $T$  の関係

### 4.3 足触りの要因を加味した評価方法の検討

4.1 で述べた通り、歩行の場合を対象に、仕様変更後の測定装置による測定結果のみに基づき、かつかたさと感触の2つの要因が連続的に複合された評価方法について検討した。

#### 4.3.1 緩衝作用、復元作用を表す性能値の測定方法の再検討

指針規定装置で測定される緩衝作用、復元作用を表す性能値  $T$  を、仕様変更後の測定装置による測定結果で代替する方法について検討した。具体的には、図 2.11 に示す通り2つの装置による荷重が近似していることから、図 2.10 に示す仕様変更後の測定装置による測定結果から指針規定装置で測定される  $U_F$ ,  $D_R$ ,  $T_R$  に相当する  $U_F'$ ,  $D_R'$ ,  $T_R'$  を求め、(4.1) 式にしたがって  $T'$  を算出した。

$$T' = \log(U_F' - 8 \cdot D_R' \cdot D_R' / T_R') \quad \dots (4.1)$$

図 4.5 に、4.2.1 での測定結果から算出した各試料床の  $T$  と  $T'$  の関係を示す。図に示す通り、両者はよい対応を示しており、 $T$  を  $T'$  で代替可能であることがわかる。

#### 4.3.2 足触りを表す性能値の検討

特異な感触の影響による評価の低下度合いは、図 2.21 および図 4.3 より、判別図の右下側にプロットされる床、すなわち  $D_{F1}$  が大きく  $D_{F2}$  が小さい床ほど、大きくなる傾向があると推察される。そこで、 $D_{F1} / D_{F2}$  を用いて、評価の低下度合いを表す性能値の設定を試みることにした。具体的には、(4.2) 式で算出される  $D_F$  の適用を検討した。

$$D_F = (D_{F1} / D_{F2}) - 0.011 \quad \dots (4.2)$$

ただし  $D_F < 0$  の場合は  $D_F = 0$  とする

(4.2) 式は、図 2.21 および図 4.3 の破線と近似した (4.3) 式で示す直線を基準とし、それより上側にある点は評価は低下しないとみなし一律に 0 とする一方、下側にある点は  $D_{F1} / D_{F2}$  が大きくなるにしたがって評価が低下するとみなし、値が大きくなるよう設定したものである。

$$D_{F1} / D_{F2} = 0.011 \quad \dots (4.3)$$

図 4.6 に、4.2.1 での測定結果から算出した各試料床の  $D_F$  を、数直線上にプロットして示す。図中の記号は、図 4.3 にしたがって分類したものである。図より、数直線上の●、●、○の分布範囲は明瞭に区別できることから、評価の低下度合いを  $D_F$  で表示できる可能性が高いことがわかる。

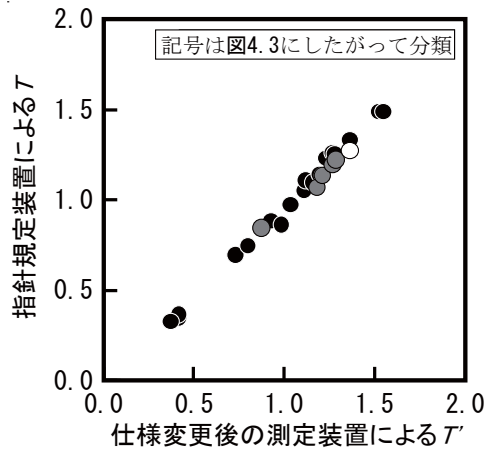


図 4.5 T の T' 関係

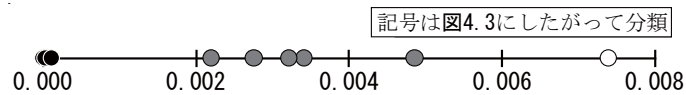


図 4.6 特異な感触の影響による評価の低下度合いと  $D_F$  の関係

#### 4.3.3 緩衝作用，復元作用，足触りの要因を複合した性能値の検討

4.3.1 および 4.3.2 の検討結果に基づいて、 $T'$  および  $D_F$  を用い、歩行の場合の心理学的尺度と対応する性能値を設定することとした。具体的には、心理学的尺度を目的変数、 $T'^2$ 、 $T'$ 、 $D_F$  を説明変数とし、(4.4) 式に示す回帰式を仮定して、重回帰分析を行った。

$$Y = A_1 + A_2 \cdot T'^2 + A_3 \cdot T' + A_4 \cdot D_F \quad \dots (4.4)$$

ここで  $Y$ : 目的変数

$A_1 \sim A_4$ : 係数

(4.4) 式で、 $T'$  について 2 乗と 1 乗の項を説明変数としたのは、図 4.4 に示すように床の緩衝作用，復元作用を要因としたかたさには最適値が存在することによる。

心地よさ尺度，動作のしやすさ尺度，適性尺度の 3 種の心理学的尺度ごとに重回帰分析を行った結果を、表 4.1 に示す。

表 4.1 重回帰分析結果

心理学的尺度	性能値	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
心地よさ尺度	$Y_1$	-3.951	-4.694	9.720	-358.9
動作のしやすさ尺度	$Y_2$	-1.459	-3.719	6.343	-289.3
適性尺度	$Y_3$	-3.583	-5.298	10.143	-322.5

表に示すように、係数  $A_1 \sim A_4$  の値は心理学的尺度により異なっており、特に  $A_2 \sim A_4$  の割合が異なることから、 $T'^2$ 、 $T'$ 、 $D_F$  が寄与する割合が評価の観点ごとに異なっていることがわかる。この結果は、3.4.1での考察内容と整合する。本研究では、以降、心地よさ尺度を目的変数とした場合の  $Y$  を  $Y_1$ 、動作のしやすさ尺度、適性尺度を目的変数とした場合の  $Y$  をそれぞれ  $Y_2$ 、 $Y_3$  とする。(4.5)式～(4.7)式に、 $Y_1 \sim Y_3$  の回帰式を示す。

$$Y_1 = -3.951 - 4.694T'^2 + 9.720T' - 358.9D_F \quad \dots (4.5)$$

$$Y_2 = -1.459 - 3.719T'^2 + 6.343T' - 289.3D_F \quad \dots (4.6)$$

$$Y_3 = -3.583 - 5.298T'^2 + 10.143T' - 322.5D_F \quad \dots (4.7)$$

また、心理学的尺度と、(4.5)式～(4.7)式にしたがって算出される  $Y_1 \sim Y_3$  の関係を、図4.7に示す。図には、相関係数  $r$  も示した。図より、 $Y_1 \sim Y_3$  が歩行の場合のかたさの性能値として十分適用可能であることがわかる。

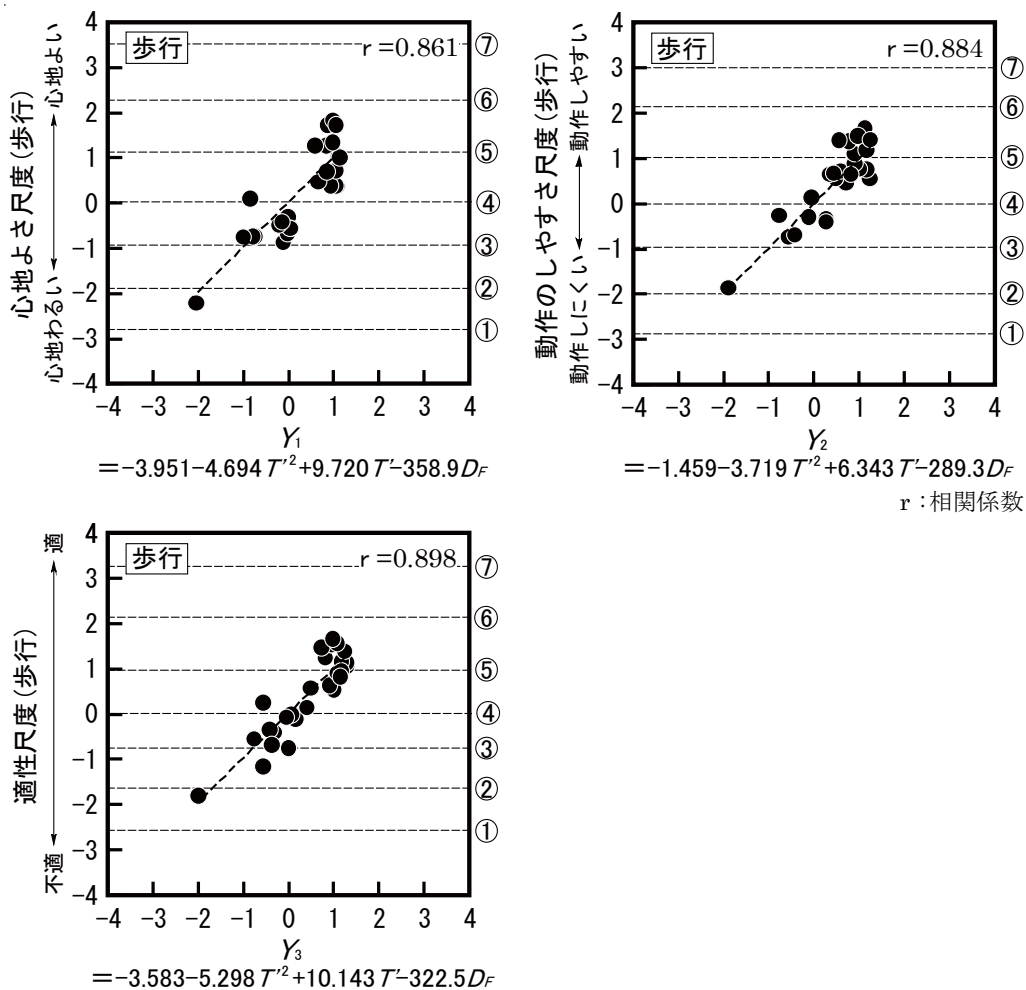


図 4.7 歩行に関する心理学的尺度と  $Y_1 \sim Y_3$  の関係

なお、各回帰式から導出される  $T'$  の最適値は、心地よさ尺度が 1.035、動作のしやすさ尺度が 0.853、適性尺度が 0.957 であり、3 種の尺度の中では動作のしやすさ尺度が最も小さく、逆に心地よさ尺度が最も大きく、適性尺度が中庸となっている。すなわち、緩衝作用，復元作用を要因としたかたさの最適値について評価の観点ごとに比較すると、動作のしやすさの観点から最適なかたさの方が、心地よさの観点から最適なかたさよりかたく、両者を勘案した適，不適の観点からはその中庸のかたさが最適となっていることがわかる。



#### 4.4 評価方法の提示

4.3 までの検討結果から、足触りの要因を加味した、歩行時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法を、以下の通り提示する。

- 1) 仕様変更後の測定装置（以降“歩行時の床のかたさ測定装置”と定義する）を用いて、評価対象床の変形性状を、装置の載荷面近傍を含めて測定する。
- 2) 1) の測定結果から、緩衝作用、復元作用を表す性能値  $T'$  と、足触りを表す性能値  $D_F$  を求める。
- 3) 2) で求めた  $T'$  と  $D_F$  を、(4.5) 式～(4.7) 式に代入して  $Y_1 \sim Y_3$  を算出し、図 4.7 に示した評価指標を照合する。

この評価方法の適用例として、 $T'$  の測定結果が 1.0、 $D_F$  が 0.004 の床を評価する場合、 $Y_1 = -0.361$ 、 $Y_2 = 0.008$ 、 $Y_3 = -0.028$  を図 4.7 の各図と照合する。その結果、心地よさの観点では「③やや心地わるい」から「④どちらともいえない」程度、動作のしやすさの観点では「④どちらともいえない」程度、適性の観点では「④どちらともいえない」と評価できる。

## 4.5 本章の結論

上足床で行われる様々な動作のうち、研究成果が比較的多く蓄積されている歩行を対象に、足触りの要因を加味した歩行時の床のかたさの評価方法を確立することを目的として検討を行った本章の結論をまとめると、以下の通りである。

- 3章で官能検査に用いた試料床を対象に、指針に規定された評価方法と2章で確立した判別方法を併用して得られた評価は、3章で構成した心理学的尺度と整合した。すなわち、足触りの影響で評価が低下する床の判別方法の適用性を確認した。
- 仕様変更後の測定装置で測定される  $T'$  で、指針規定装置で測定されるかたさの性能値  $T$  を代替できることを明らかにした。
- 足触りの影響による評価の低下度合いを表す性能値として、仕様変更後の測定装置を用いて得られる載荷面近傍の床表面の傾き  $D_{F1}$ 、および載荷面と周囲の変形の差  $D_{F2}$  から算出される  $D_F$  を設定した。
- $T', D$  を説明変数、心理学的尺度を目的変数として重回帰分析を行った結果、歩行時の心地よさ、動作のしやすさ、および両者を勘案した総合的な適、不適の程度を表す心理学的尺度と対応する性能値として、 $T', D_F$  から算出される  $Y_1 \sim Y_3$  を設定した。以上より、仕様変更後の測定装置を、“歩行時の床のかたさ測定装置” と定義するとともに、本装置を用いて  $T'$  と  $D_F$  を測定し、 $Y_1 \sim Y_3$  を算出して心理学的尺度との関係図(図4.7)と照合する方法を、歩行時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法として提示した。

## 第 5 章

上足床特有の動作時の快適性からみたかたさの評価方法の提示

## 第5章 上足床特有の動作時の快適性からみたかたさの評価方法の提示

### 5.1 本章の目的

3章の心理学的尺度相互の関係の検討により、上足床で行われる動作は、床のかたさの評価の観点から、足裏のみが床と接触する歩行と、おもに足裏以外が床と接触する上足床特有の動作に大きく分類することが明らかとなった。本章では、その結果をふまえ、4章に引き続き、上足床特有の動作を対象に、快適性からみたかたさの評価方法を確立することを目的とする。

上足床特有の動作のうち、腰下ろし、正座、横臥回転を対象とした評価方法については、日本建築学会床性能評価指針<sup>1)</sup>に規定されている。しかし、この評価方法の根拠となる小野らの研究後に開発された新しい材料、構法の床については、評価方法の適用性は十分に検討されていない。また、上足床では、上記3種の動作以外にも、3.2で挙げた通り多様な動作が行われる。そこで本章では、指針の適用性を検討するとともに、種々の上足床特有の動作時の床のかたさの評価方法を検討する。

## 5.2 日本建築学会床性能評価指針の適用性の検討

上足床特有の動作を対象に、日本建築学会床性能評価指針の適用性を検討した。4.2.1と同様、図2.3に示す指針規定装置を用い、3章で官能検査に用いた26種の試料床を対象に動的変形挙動を測定し、 $T$ を算出した。図5.1に、腰下ろし、正座、寝返りの場合の心理学的尺度と $T$ の関係の例を示す。図中の①～⑦の破線の意味は図3.2～図3.9と同様である。図より、 $T$ が大きいほど評価が高くなる傾向が確認できるが、両者の対応にはばらつきがみられ、特に○で示した点に対応から大きく外れていることがわかる。これらは、表5.1の試料床の概要に示す通り、表面材が遮音フローリングの試料床、または表面材が複合フローリングで下地が乾式遮音二重床あるいはパネル床の試料床による点であった。

そこで、これらの試料床上で実際に動作を行い、かたさの感じ方を再度確認したところ、床全体としての変形は比較的大きいものの、身体部位が接触している箇所における表面材の局部変形が小さいため、変形の大さの割にかたいと感じられ、評価が低下したことが推察された。すなわち、おもに足裏以外が床と接触する動作では、表面材の局部変形が快適性の評価に大きく影響するため、遮音フローリングや乾式遮音二重床などにも適用できる評価方法を確立するためには、載荷面だけでなく、その周囲の変形挙動も把握できる測定方法が必要となることが示唆された。

そこで、小野、三上<sup>23-24)</sup>が開発した身体押し付け時のいたさの評価方法を適用してみることにした。この評価方法は、身体押し付け時のいたさには、主に水回りなどの床にすべり止めの目的で施工される鋭角的な凹凸による肌へのくい込みと引っかかり、および床のかたさが複合的に影響していると考え、それぞれについて適切な測定方法を開発し、得られた物理的指標を足し合わせて評価するものである。このうち、床のかたさの測定方法は、身体部位が床と接触する部分の局部変形に着目しており、上足床特有の動作時のかたさへの応用可能性があると考えられる。図5.2に、この測定で用いる局部変形測定装置の概要を示す。本装置は、底面が平面で直径40mmの円形荷重板を介して床に12kgfの鉛直荷重を載荷し、その時の床の変形量 $\delta$ (mm)を装置を取り付けた4台の変位変換器で測定するものである。 $\delta$ は、載荷面中心から70mm離れた位置からの載荷面の相対変位量を意味する。本装置を用いて、3章で官能検査に用いた26種の試料床を対象に相対変位量 $\delta$ を測定した。図5.3に動的な動作に関する心理学的尺度と $\delta$ の関係、図5.4に静的な動作(姿勢)に関する心理学的尺度と $\delta$ の関係を示す。図中の①～⑦の破線の意味は図3.2～図3.9と同様である。いずれの図でも、 $\delta$ が大きいほど評価が高くなる傾向が確認できるものの、○で示す一部の試料床が全体の対応から1～2範ちゆ

う程度評価が低下していることが確認できる。これらはいずれも、表面材が遮音フローリングの試料床によるものであった。以上より、本装置のように局部変形を測定することで上足床特有の動作時のかたさを評価できる可能性は確認できたが、遮音フローリングのように特異な変形性状を有する床にも適用できるように荷重領域や荷重板の接触面積などを検討する必要性が示唆された。

以上の検討を踏まえ、以降は、変形挙動の測定方法を新たに検討することとした。

表 5.1 試料床の概要

表面材	分類 下地 緩衝材	直床			架構式床		
		無	RCスラブ		パネル 床A <sup>*2</sup>	パネル 床B <sup>*3</sup>	乾式遮音 二重床 <sup>*4</sup>
			UL 12mm厚	UL 24mm厚			
畳	畳42mm厚(イ草製畳表, 建材畳床 I 形 <sup>*1</sup> )	●			●		●
	畳42mm厚(塩ビ製畳表, ポリウレタンフォーム製畳床)	●			●		
塩ビ系 長尺シート	クッションフロア3.0mm厚	●			●	●	●
	クッションフロア3.2mm厚	●					
	ヘテロジニアスシート1.5mm厚	●	●				
カーペット	カットパイルカーペット5.0mm厚	●	●		●	●	●
フローリング	複合フローリング15mm厚	●			○	○	○
	遮音フローリング17mm厚(LL45相当)	○		○	○	○	○

\*1 : JIS A 5914

\*2 : 大引 : 90×90mm@900mm, 捨板 : 合板18mm厚

\*3 : 大引 : 90×90mm@900mm, 捨板 : 合板24mm厚

\*4 : 束脚 : @450mm(底ゴム : 3mm厚, ショアA硬度65), パネル : パーティクルボード20mm厚

\*2~4 : RCスラブ上に設置

UL : ポリウレタン系アンダーレイ

●, ○ : 本研究で対象とした試料床

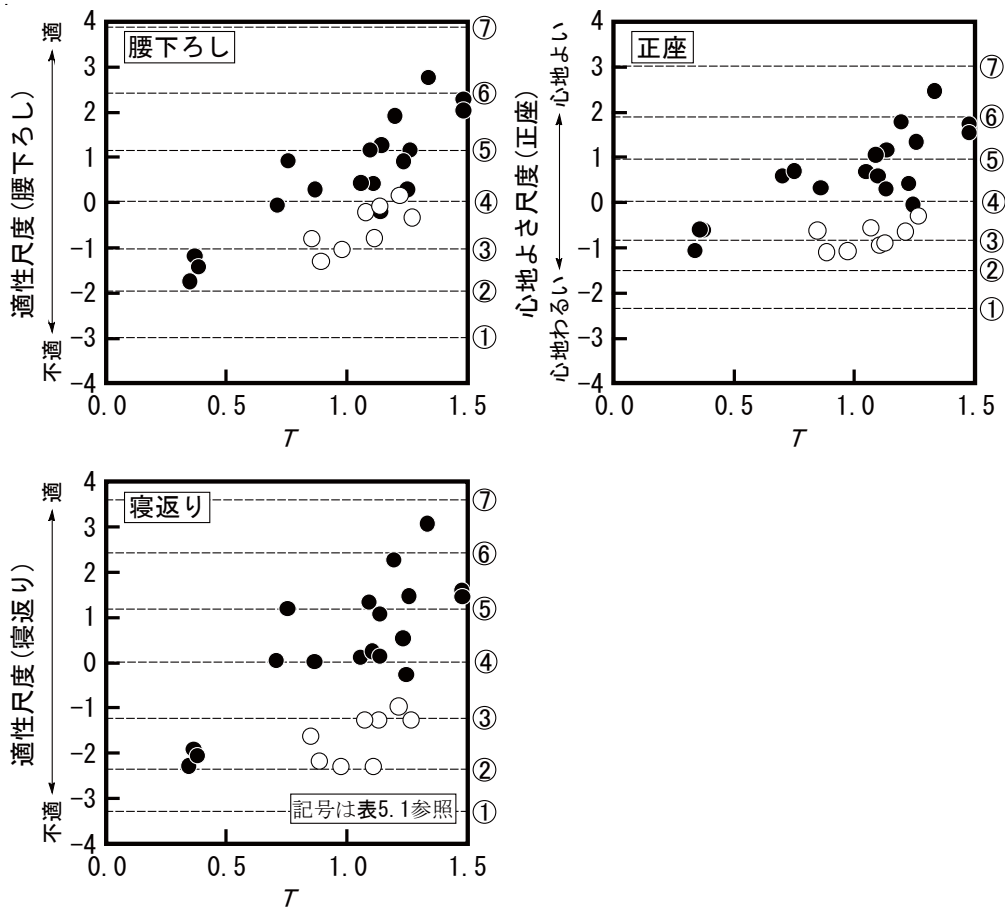


図 5.1 上足床特有の動作の場合の適性尺度と  $T$  の関係の例

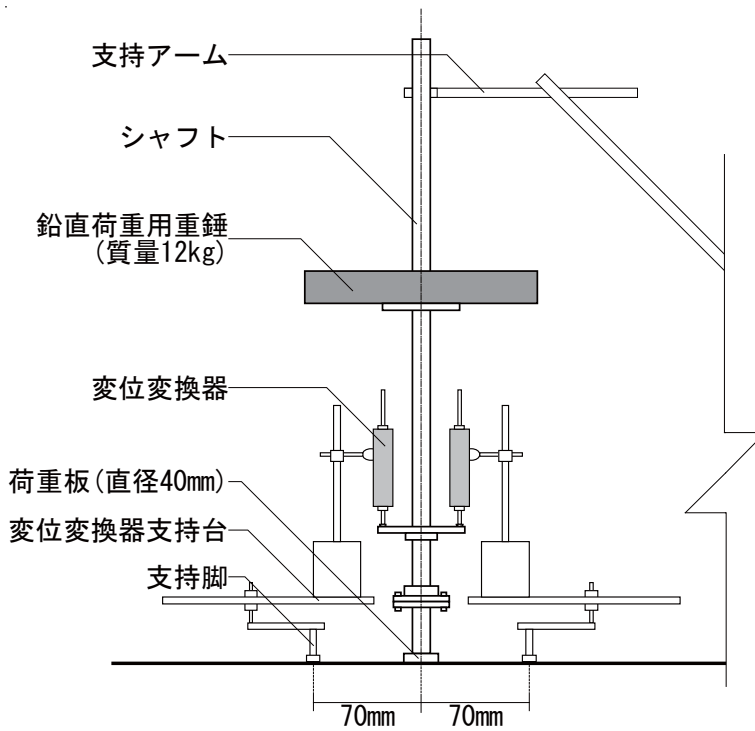


図 5.2 局所変形測定装置の概要

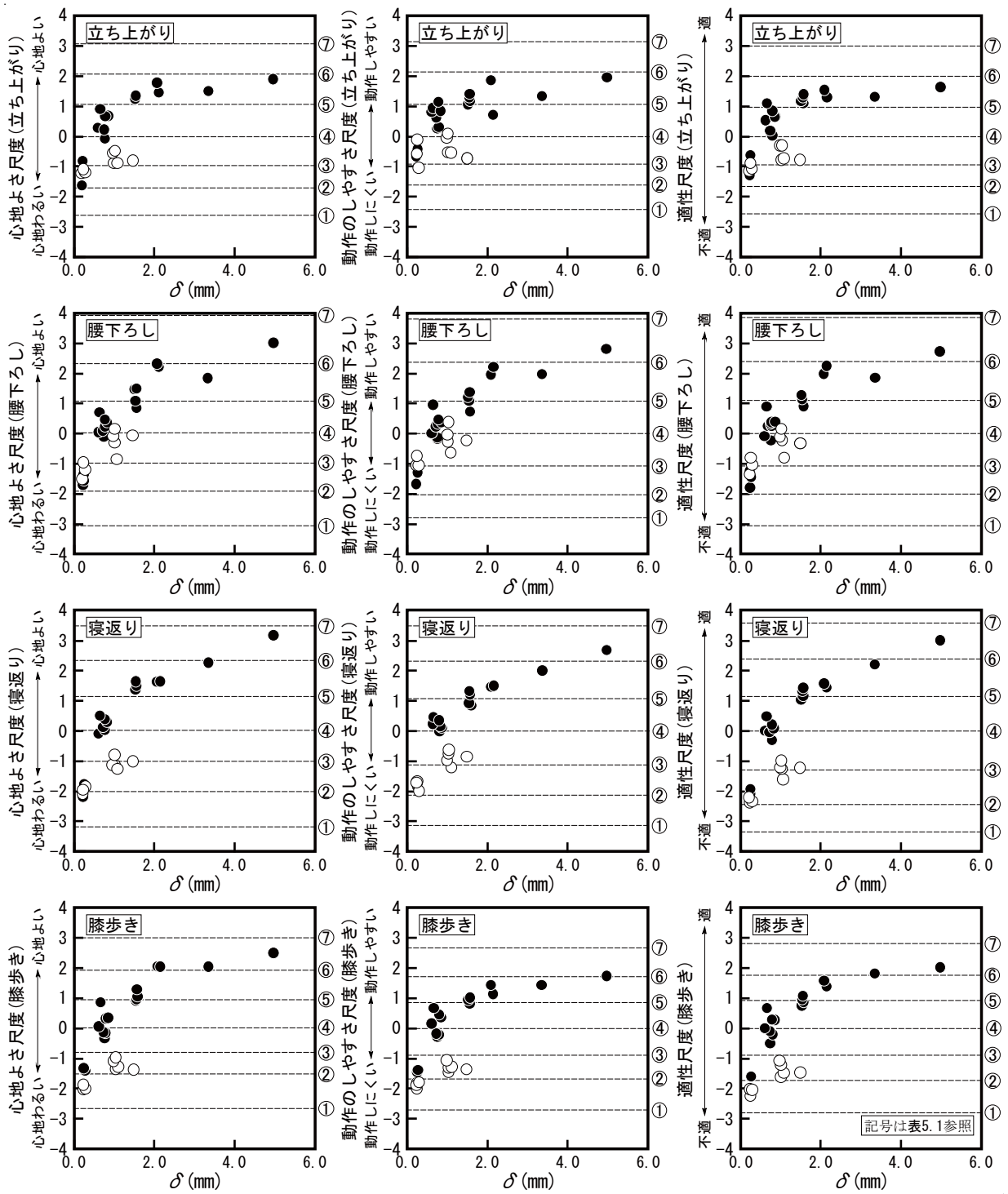


図 5.3 動的な動作の場合の心理学的尺度と  $\delta$  の関係



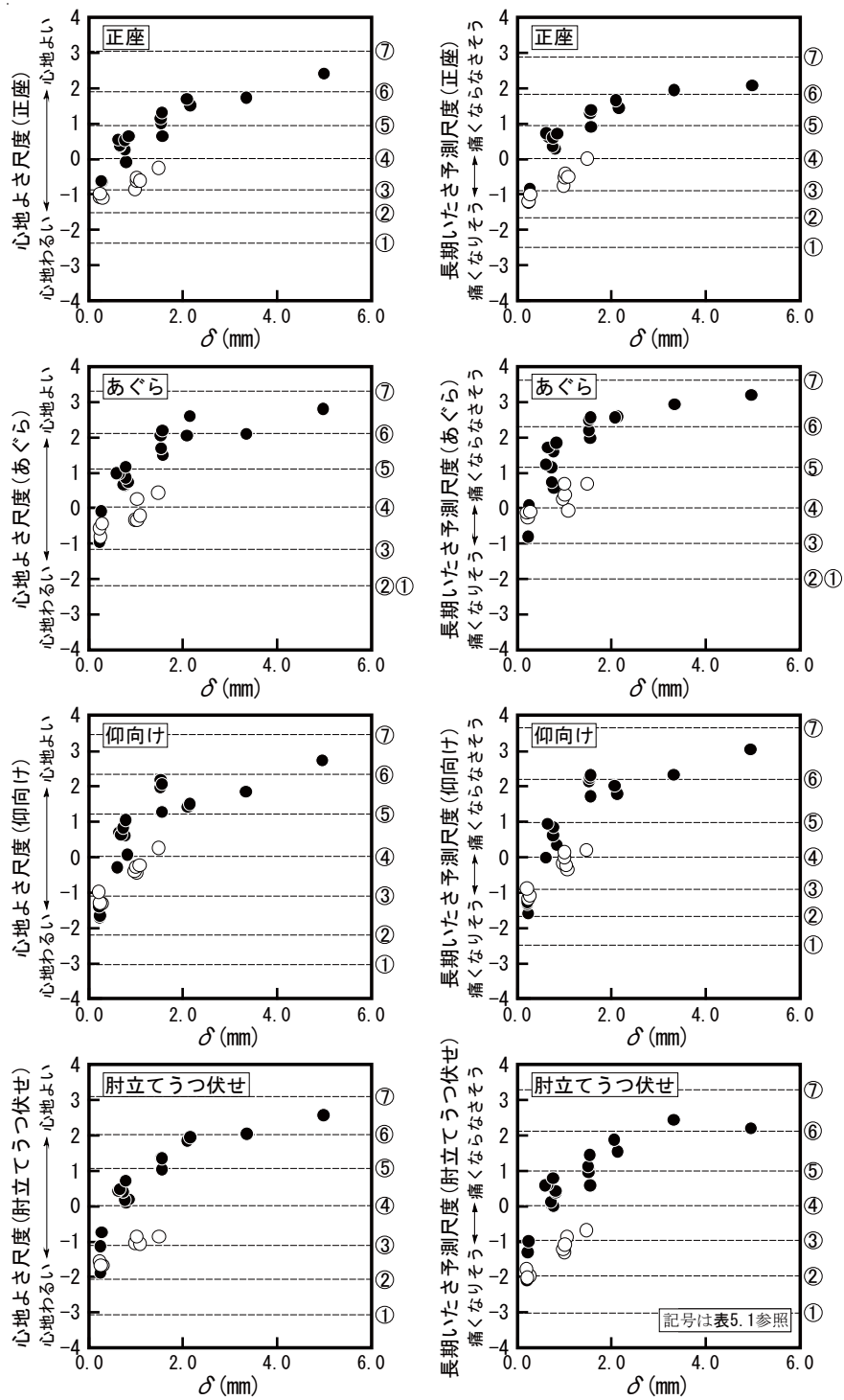


図 5.4 静的な動作（姿勢）の場合の心理学的尺度と $\delta$ の関係

### 5.3 測定装置の仕様の検討

3.4の心理学的尺度相互の関係の検討結果および5.2の結果をふまえて、既存の測定装置の仕様を検討し、変形挙動の測定装置を新たに開発することとした。

#### 5.3.1 基本方針

装置の開発にあたっては、以下の基本方針を設定した。

- 3.4.2で述べた通り、上足床特有の動作では、動作により試料床の序列は大きくは変化しないことから、特定の動作時に人間が床に与える荷重や床と身体部位の接触状況などを厳密に置換する必要はないと考えられる。よって、対象としている動作の範囲内の、簡便な荷重条件で変形挙動を測定する装置とする。また、動的な動作でも静的な動作(姿勢)でも試料床の序列は変化しないことから、機構が単純で安定性が高い、静的に変形挙動を測定する装置とする。
- 載荷面だけでなく、その周囲の変形挙動も測定可能な装置とする。
- 実際に床を評価する際の利便性を考慮し、歩行を対象とした場合とできる限り共通性を有する装置とする。

以上の基本方針にしたがって、載荷面周囲の変形も測定できる装置として開発し、4章で歩行を対象とした場合の測定装置として適用した歩行時の床のかたさ測定装置を基本に、床に荷重を与える機構を動的から静的に変更した静的載荷装置を開発することとした。

#### 5.3.2 静的載荷装置の概要

図5.5に、歩行時の床のかたさ測定装置を基本に開発した静的載荷装置を示す。本装置は、2章で荷重板選定の際に用いた装置(図2.7参照)と基本的に同一で、荷重板をC(図2.6参照)としたものである。具体的には、床のかたさ測定装置のゴムばねをばね定数16.3kgf/cmの金属ばねに変更したもので、電磁石に吊られた質量40kgの重錘を、重錘落下高さ調整用ハンドルを操作して徐々に降下させ、金属ばねを介して床に静的に荷重を載荷するものである。ここで、重錘降下前に床にかかる荷重は2.0kgfである。荷重載荷時の載荷面中心の変形は、シャフト頂部に取り付けた変位変換器で測定する。また、載荷面周囲の変形については、図5.6に示すように、載荷面中心から放射状に測定線を設定したうえで、二次元レーザー変位計を用いてこの測定線上の変形を測定する。具体的には、標準測定長さ180mmの二次元レーザー変位計を、レーザーの一端が荷重板の側面(載荷面中心から35mm)に接するように設置し、載荷面中心から約215mmの位置までの変形を測定することとした。

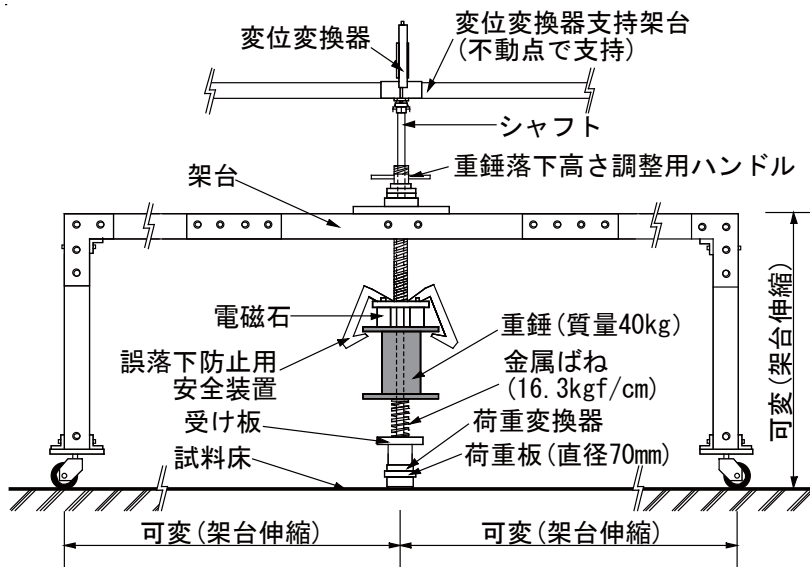


図 5.5 静的載荷装置の概要

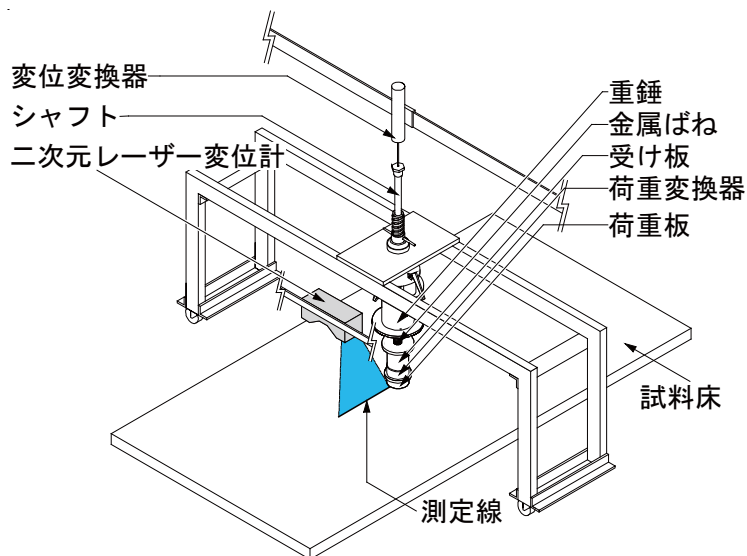


図 5.6 静的載荷装置を用いた測定状況の例

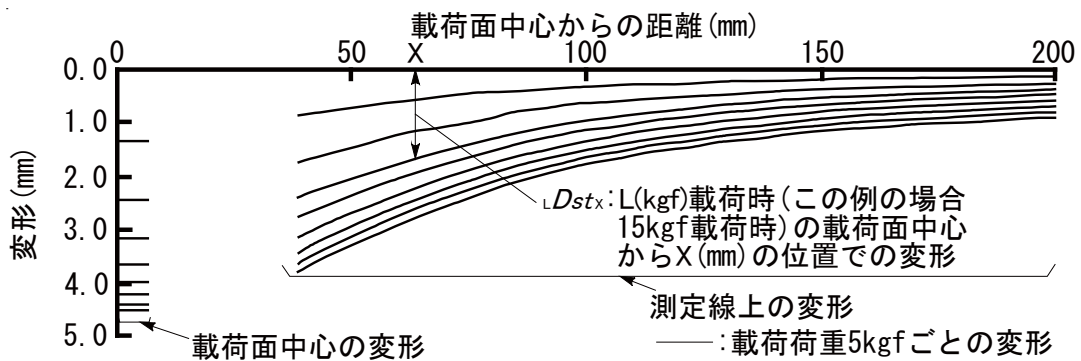


図 5.7 静的載荷装置を用いた測定結果の例

## 5.4 測定装置による変形挙動の測定および心理学的尺度との関係の検討

### 5.4.1 試料床の変形挙動の測定

5.3 で開発した静的載荷装置を用いて、3章で官能検査に用いた試料床を対象に、変形挙動を測定した。図 5.7 に、測定結果の例を示す。図は、重錘降下前を基準としたうえで、載荷荷重 5kgf 時点から、重錘の重量がすべて床に載荷された状態である 40kgf 時点まで、5kgf ごとに、載荷面中心と載荷面周囲の測定線上の変形を示したものである。ただし、測定線上の変形は、荷重板側面によるレーザー干渉の影響がなくなる載荷面中心から 40mm の位置より、200mm の位置までの結果を示している。本研究では、以降、 $l$  kgf 載荷時における載荷面中心から  $x$  mm の位置での変形を、 ${}_lDst_x$  と記すこととする。

### 5.4.2 性能値の検討

5.2 で述べた通り、上足床特有の動作時の快適性の評価には、表面材の局部変形が大きく影響していると考えられる。ここで、表面材の局部変形は、載荷面中心と載荷面周囲の変形の差で記述できると思われる。よって、 $l$  kgf 載荷時における載荷面中心と載荷面中心から  $x$  mm の位置での変形の差  ${}_lDst_0 - {}_lDst_x$  を求め、心理学的尺度との関係を検討することとした。具体的には、 $l$  を 5 ~ 40kgf の範囲で 5kgf ごとに 8 段階、 $x$  を 40mm と 50 ~ 200mm の範囲で 50mm ごとに 4 段階の計 5 段階設定し、 $8 \times 5 = 40$  種の  ${}_lDst_0 - {}_lDst_x$  を算出したうえで、心理学的尺度との関係を検討した。

図 5.8 ~ 5.15 に、3章で構成した心理学的尺度と  ${}_lDst_0 - {}_lDst_x$  (単位:mm) の関係の例を示す。各図に示した横 4 行 × 縦 4 列の関係図のうち、最上行の図は  $l = 10$ kgf、2 行目は 20kgf、3 行目は 30kgf、最下行は 40kgf の場合の  ${}_lDst_0 - {}_lDst_x$  と尺度の関係を表す。また、最左列の図は  $x = 40$ mm、2 列目は 50mm、3 列目は 100mm、最右列は 150mm の場合の  ${}_lDst_0 - {}_lDst_x$  と尺度の関係を表す。なお、図中の●、○の分類は、図 5.1 と同様である。

いずれの図においても、 ${}_lDst_0 - {}_lDst_x$  が大きいほど評価が高くなる傾向が把握できるが、両者の対応のばらつきは  $l$ ,  $x$  により異なっている。そこで、各関係図の対応を行、列ごとに比較すると、いずれの動作の場合も、上行より下行、および右列より左列の方が対応がよくなる傾向があることがわかる。すなわち、静的載荷装置で測定可能な範囲内では、最も大きな荷重を載荷したときの、最も載荷面に近い位置からみた載荷面中心の局部変形が、心理学的尺度と最もよい対応を示すことがわかる。この結果は、他の動作、尺度の種類でも同様であった。よって、(5.1) 式に示す通り、 $l = 40$ kgf,  $x = 40$ mm の場合の  ${}_lDst_0 - {}_lDst_x$  を  $D_c$  とし、本研究で対象

としているすべての動作での心理学的尺度との関係を検討することとした。

$$D_C = {}_{40}Dst_0 - {}_{40}Dst_{40} \cdots (5.1)$$

図 5.16, 5.17 に、8 種の上足床特有の動作で構成した 20 種の心理学的尺度と、 $D_C$  (単位 : mm) の関係を示す。図 5.16 は動的な動作 4 種, 図 5.17 は静的な動作 (姿勢) 4 種を示す。図に示すように、いずれの動作, 尺度の種類でもよい対応が得られており、破線で描いた対応の中心傾向を示す曲線を目視で得ることができる。すなわち、 $D_C$  で快適性を十分評価できることがわかる。特に、○で示した点も対応から外れていないことから、遮音フローリングや乾式遮音二重床なども、 $D_C$  で適切に評価できることがわかる。

以上より、上足床特有の動作時の床のかたさを表す性能値として、 $D_C$  を設定した。

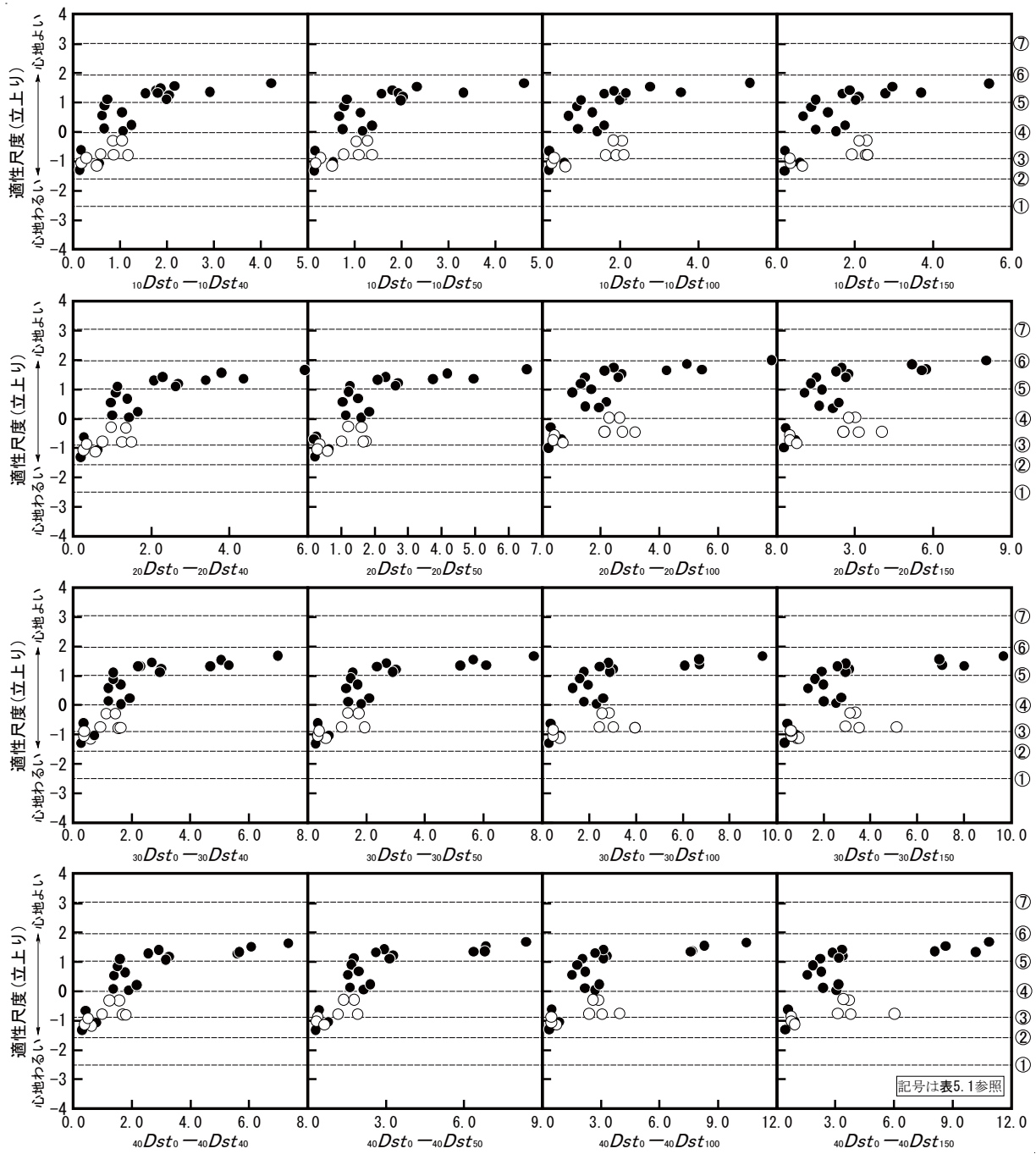


図 5.8 立上りの場合の心理学的尺度と ${}_qDst_0 - {}_qDst_x$  の関係の例 (適性尺度)

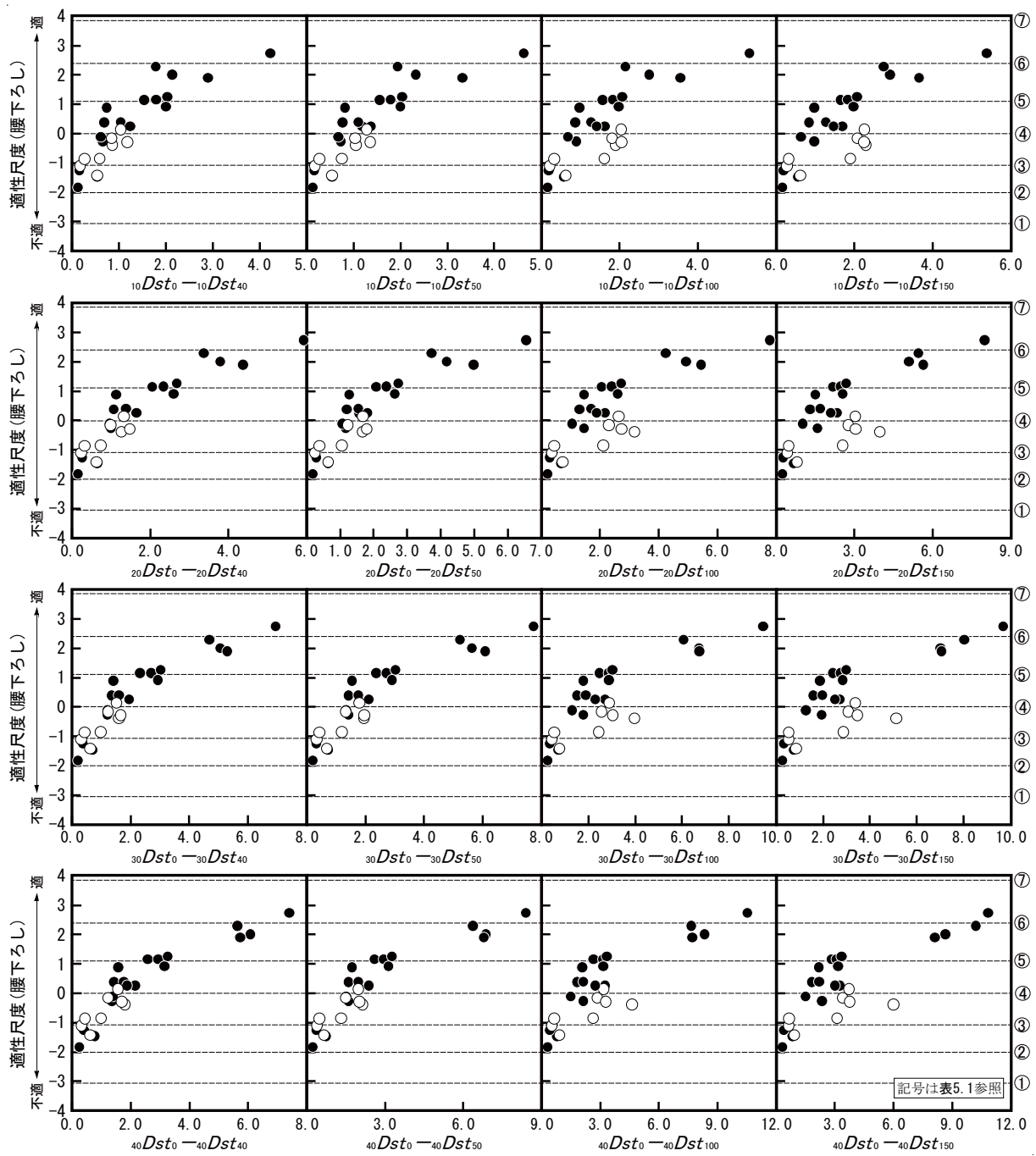


図 5.9 腰下ろしの場合の心理学的尺度と ${}_qDst_0 - {}_qDst_x$ の関係の例 (適性尺度)

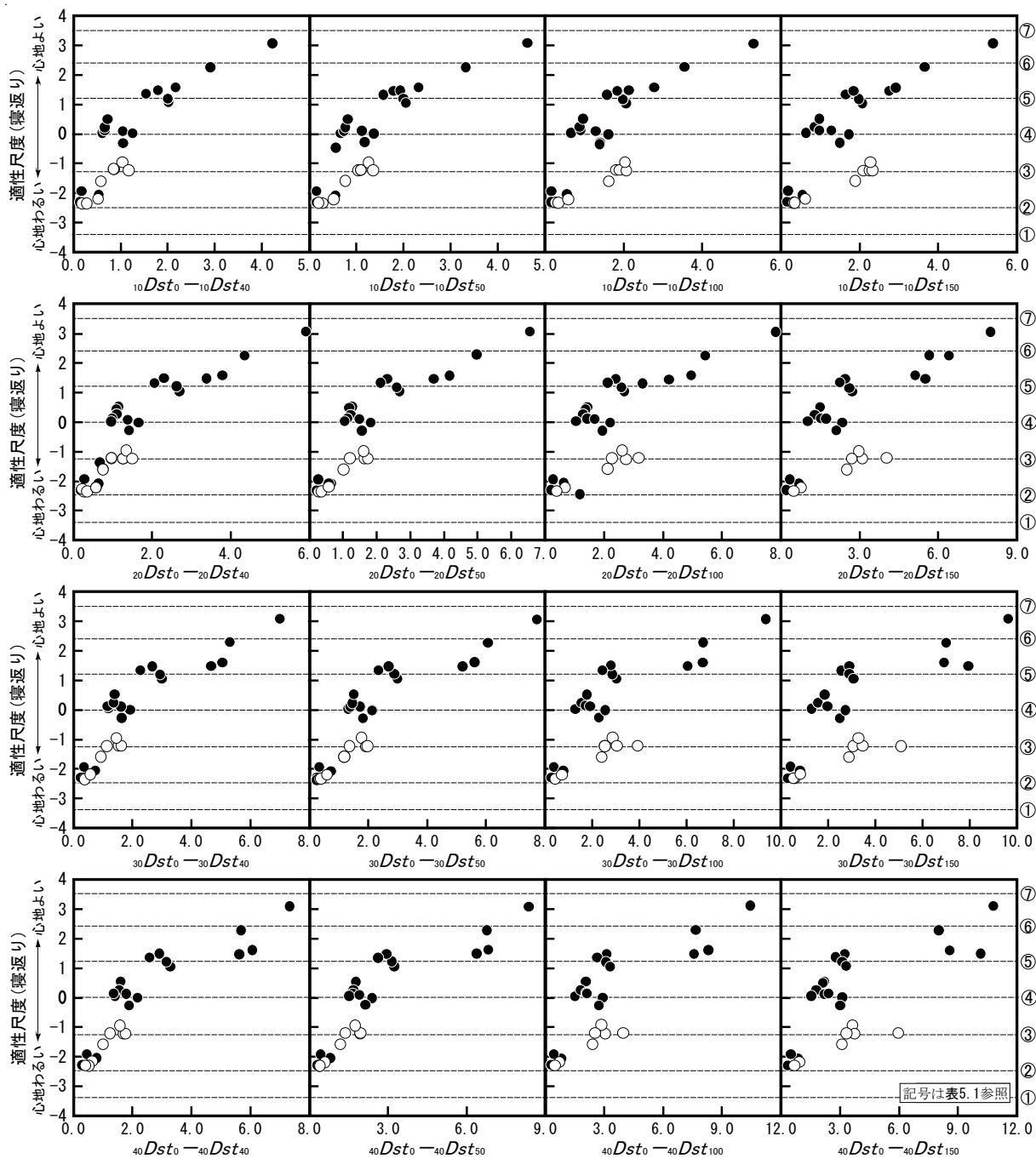


図 5.10 寝返りの場合の心理学的尺度と ${}_qDst_0 - {}_qDst_x$ の関係の例 (適性尺度)



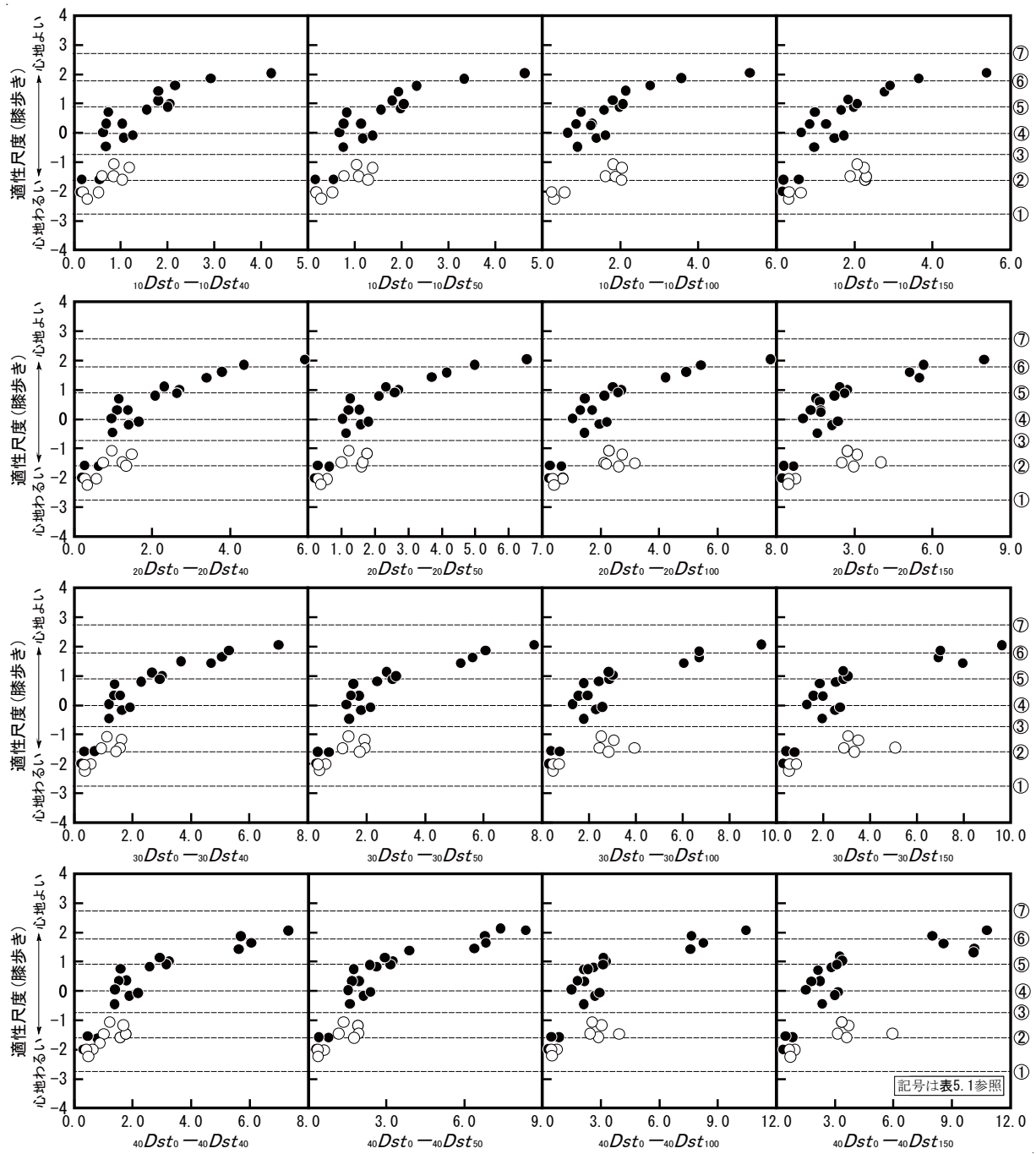


図 5.11 膝歩きの場合の心理学的尺度と ${}_qDst_0 - {}_qDst_x$ の関係の例 (適性尺度)

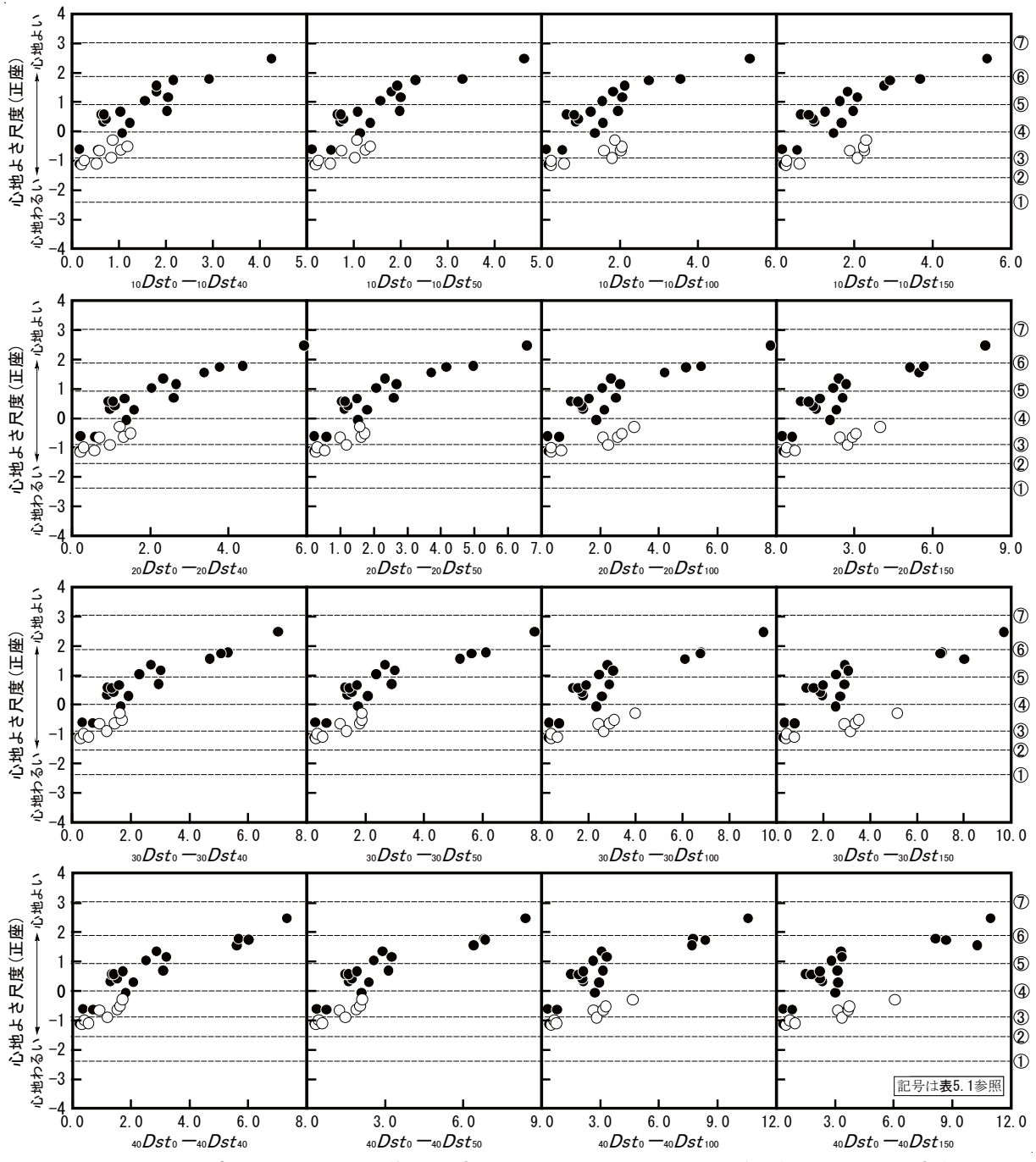


図 5.12 正座の場合の心理学的尺度と $_{10}Dst_0 - {}_{10}Dst_x$ の関係の例 (心地よさ尺度)

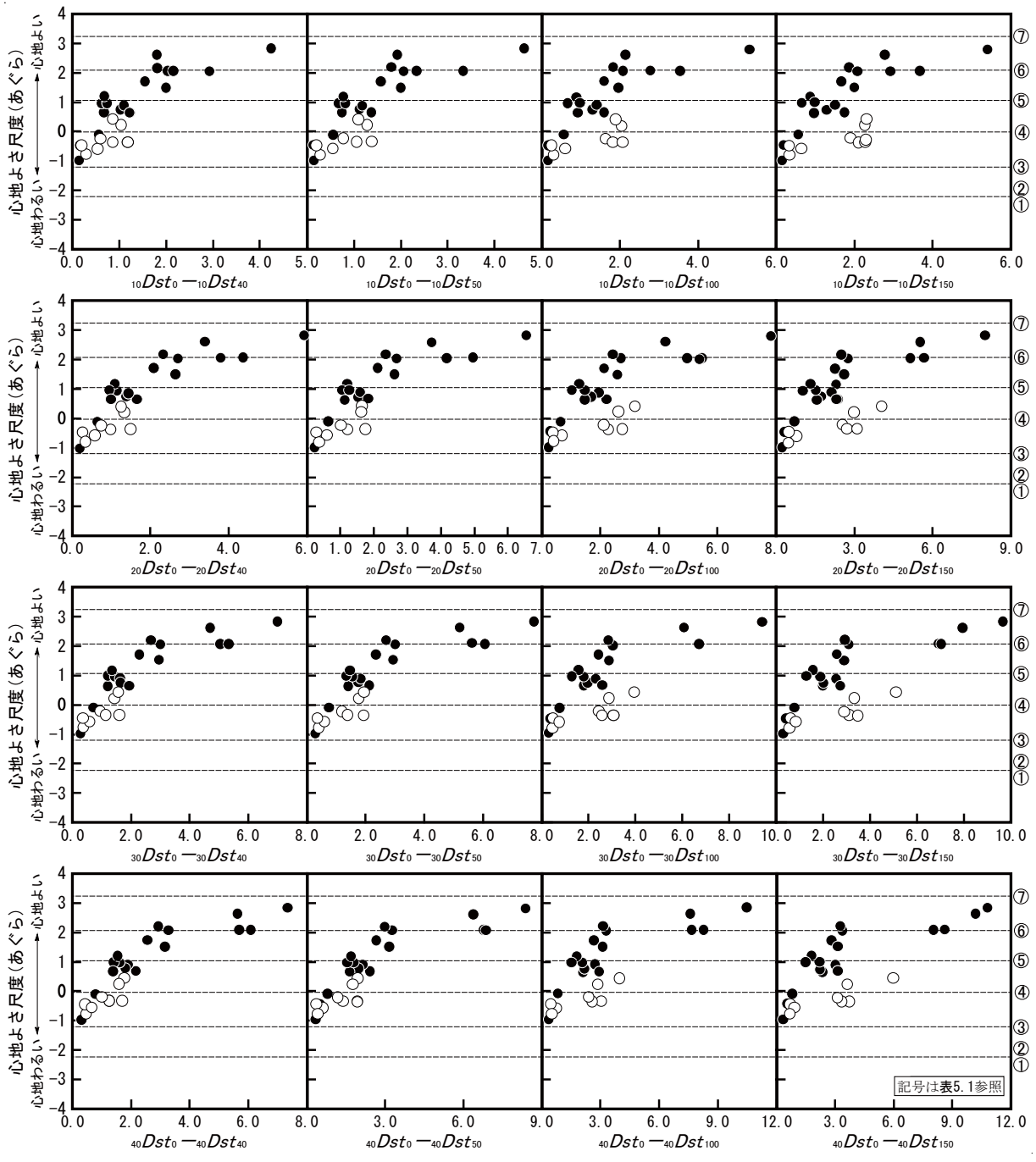


図 5.13 あぐらの場合の心理学的尺度と ${}_qDst_0 - {}_qDst_x$  の関係の例 (心地よさ尺度)

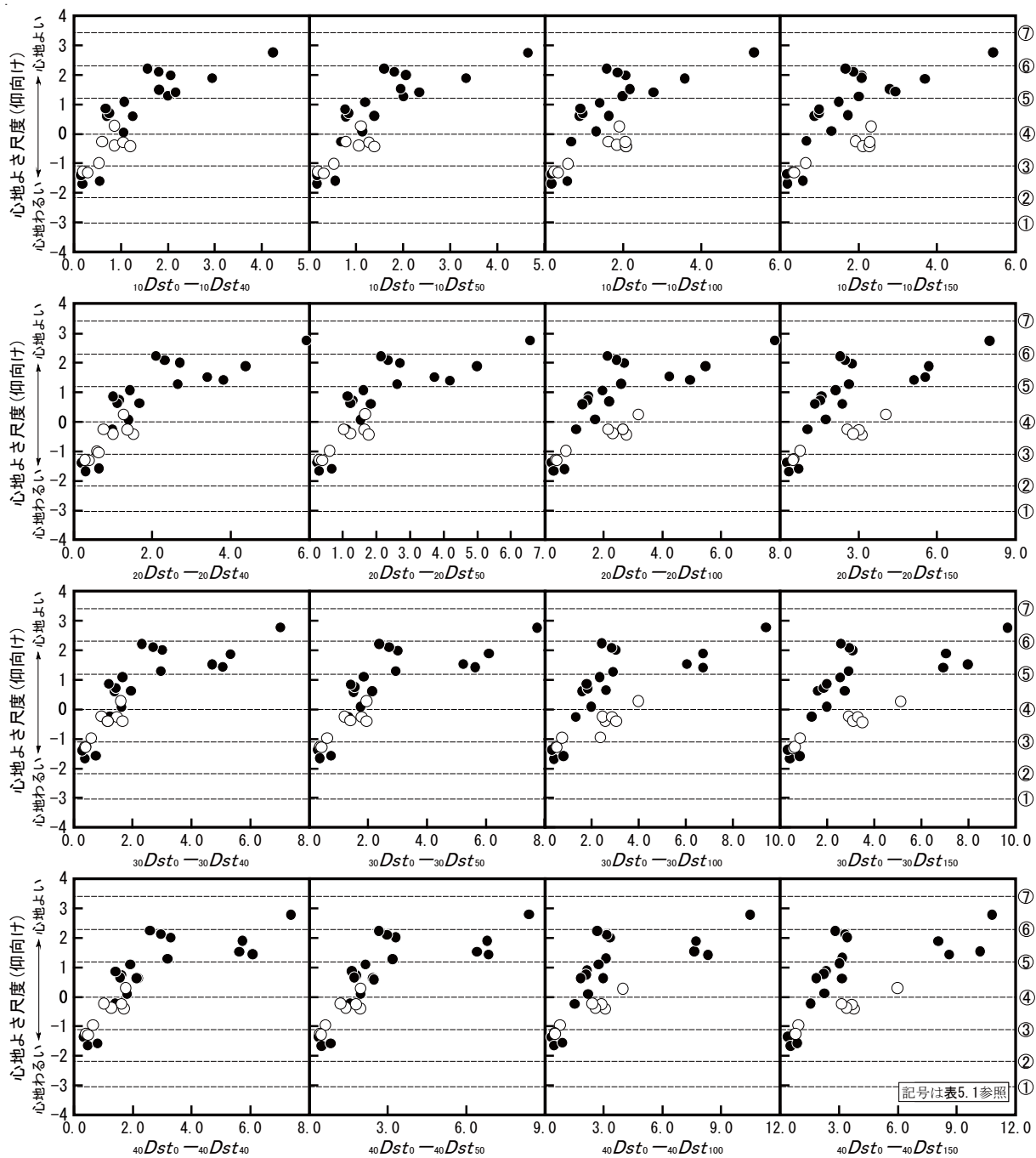


図 5.14 仰向けの場合の心理学的尺度と ${}_qDst_0 - {}_qDst_x$ の関係の例 (心地よさ尺度)

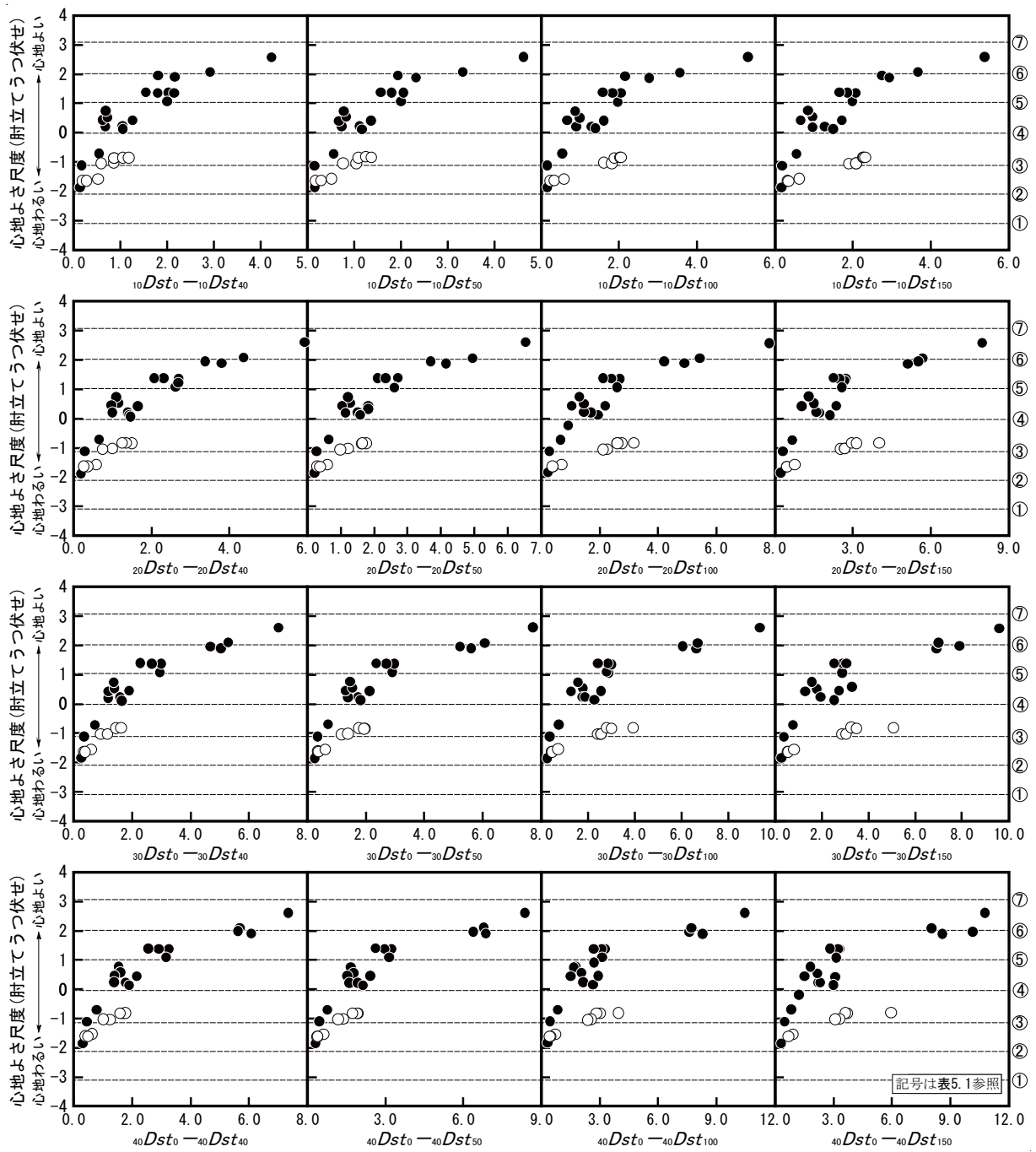


図 5.15 肘立てうつ伏せの場合の心理学的尺度と ${}_{\ell}Dst_0 - {}_{\ell}Dst_x$ の関係の例 (心地よさ尺度)

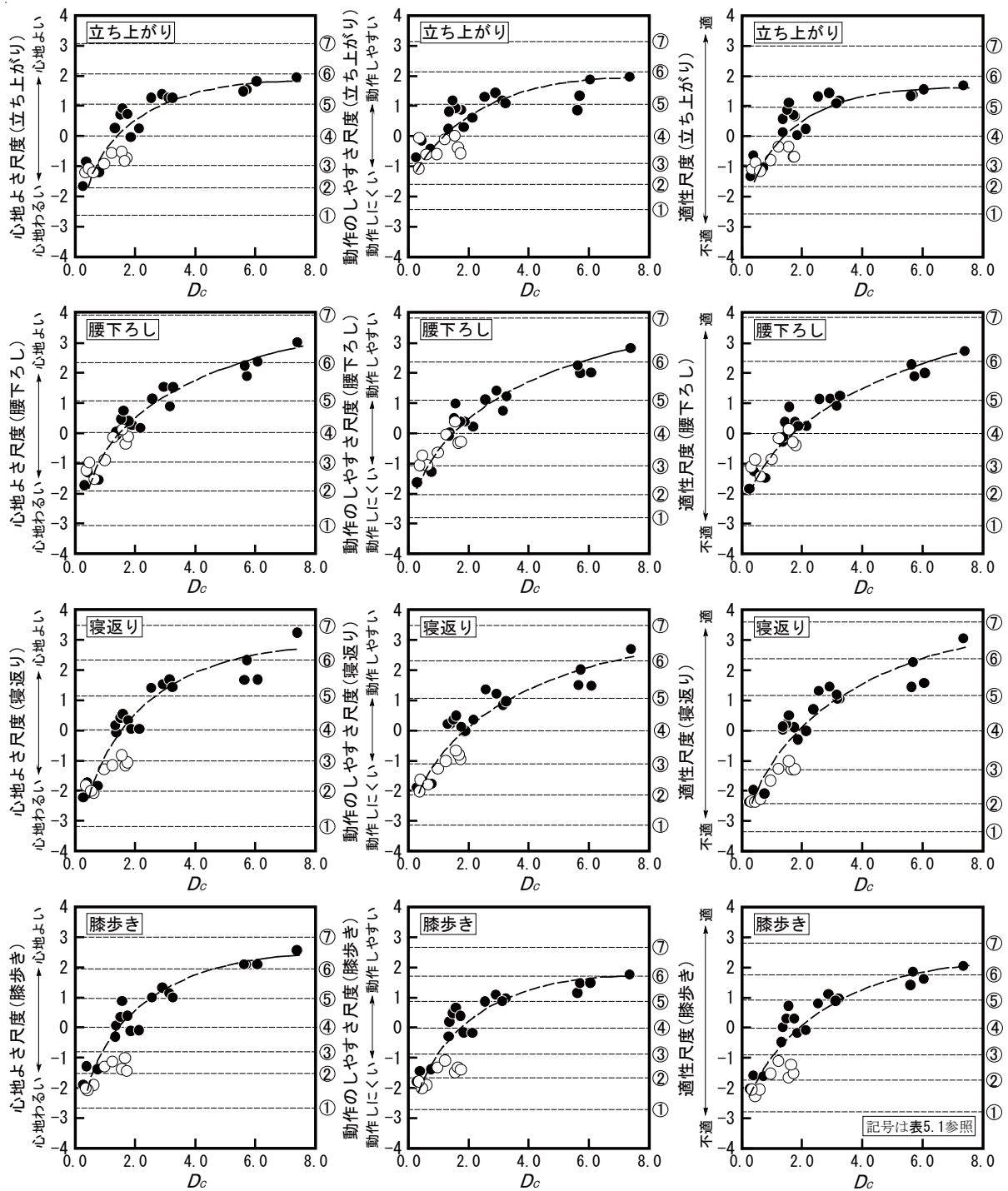


図 5.16 上足床特有の動的な動作に関する心理学的尺度と  $D_c$  の関係

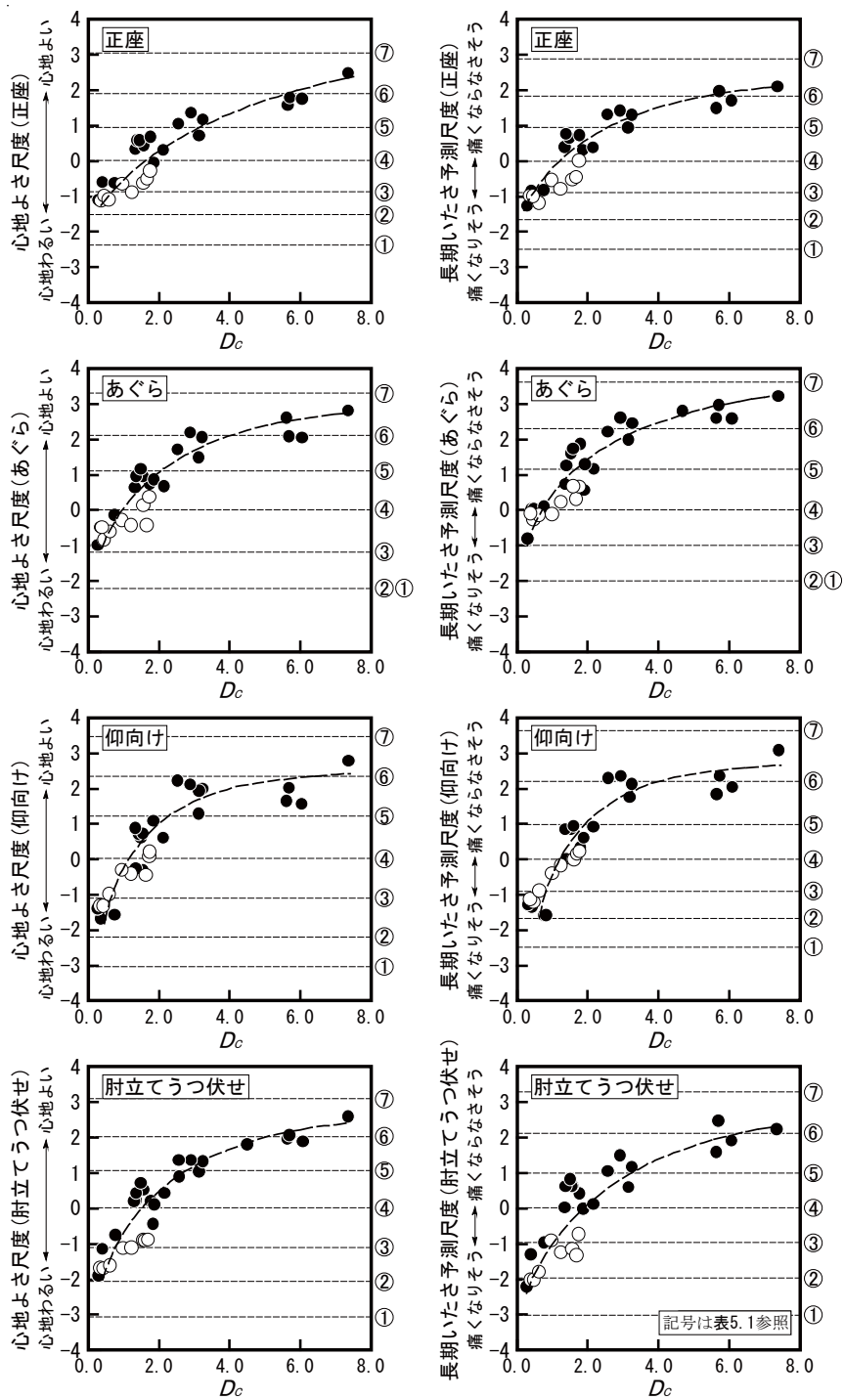


図 5.17 上足床特有の静的な動作（姿勢）に関する心理学的尺度と  $D_c$  の関係

## 5.5 評価方法の提示

5.4 までの検討結果に基づいて、おもに足裏以外が床と接触する動作を対象とした床のかたさの評価方法を、以下の通り提示する。

1) 図 5.2 に示す静的载荷装置を用いて評価対象床に 40kgf の静的荷重を载荷したときの载荷面中心の変形  ${}_4D_{st_0}$ 、および载荷面中心から 40mm の位置での変形  ${}_4D_{st_{40}}$  を測定し、(5.1) 式に代入して  $D_c$  を算出する。

2) 1) で算出した  $D_c$  を図 5.16, 5.17 と照合し、床のかたさを評価する。

この評価方法の適用例として、 $D_c$  の測定結果が 2.0mm の床を心地よさの観点から評価する場合、 $D_c = 2.0\text{mm}$  を図 5.16, 5.17 の最左列の各図と照合する。その結果、いずれの動作でも「④どちらともいえない」から「⑤やや心地よい」程度と評価できる。一方、いずれの動作でも「⑤やや心地よい」を満足するためには、 $D_c$  が 3.2mm 以上の床を選定する必要があることがわかる。



## 5.6 本章の結論

上足床で行われる様々な動作のうち、上足床特有の動作を対象に、床のかたさの評価方法を確立することを目的として検討を行った本章の結論をまとめると、以下の通りである。

- 3章で官能検査に用いた試料床を対象に、指針に規定された評価方法の適用性を検討したところ、床全体の変形は比較的大きいものの、身体部位が接触する箇所において生じる表面材の局部変形が小さい床を適切に評価できないことが明らかとなった。
- 歩行時の床のかたさ測定装置を基本に、静的に変形特性を測定する静的载荷装置を、上足床特有の動作時の床のかたさ測定装置として開発した。
- 上足床特有の動作時の床のかたさを表す性能値として、(5.1)式に示す、静的载荷装置を用いて得られる、40kgf 载荷時の、载荷面中心と载荷面中心から 40mm 地点の変形の差 $D_c$ を設定した。 $D_c$ を測定し、心理学的尺度との関係図(図 5.16, 5.17)と照合する方法を、上足床特有の動作時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法として提示した。

第 6 章  
結論

## 第6章 結論

本研究は、様々な動作が行われる上足床を対象に、心地よさ、動作のしやすさ、いたさなどの快適性からみた床のかたさの評価方法を動作ごとに確立し、体系的に整備することを目的に、一連の検討を行った。本研究の結論を、以下の通り示す。

- 2章では、「ぶよぶよする」、「ぐにゃぐにゃする」といった足触りの影響で評価が低下する床の判別方法を提示することを目的に検討を行った。まず、歩行、立位時の快適性に関する官能検査を実施して心理学的尺度を構成し、指針に規定された方法を用いて測定される性能値との関係を検討した結果、指針を適用できない床があることを明らかにした。このような床を適切に評価するためには、変形の広がりを経微な荷重領域から把握することの必要性が示唆された。そこで、歩行時と近似した動的荷重を与えた時の床の変形性状を経微な荷重領域から測定できるよう、指針規定装置の仕様を変更し、“仕様変更後の測定装置”を開発した。本装置を用いて得られる動的変形挙動について、評価が低下する床を対象に種々検討した結果、足触りには、踵着地後に足裏前半部が接触する床表面の傾き  $(D_{R40} - D_{R50})/10$  と、踵着地時の載荷面の変形とその後に変形が復元した際の載荷面近傍の変形の差  $D_{max}' - D_{R40}$  が大きく影響していることを明らかにした。そこで、仕様変更後の測定装置を用いてえられる測定結果から、 $(D_{R40} - D_{R50})/10$  および  $D_{max}' - D_{R40}$  を抽出し、図 2.21 と照合することで、足触りの影響で評価が低下する床を判別可能であることを明らかにした。
- 3章では、歩行を含めた様々な動作時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法を体系的に整備するための第一段階として、各種動作時に感じる心地よさ、動作のしやすさ、いたさなどに関する官能検査を実施し、構成される心理学的尺度相互の関係を検討し、各種動作時に感じる床のかたさの観点から動作を分類することを目的に検討を行った。その結果、上足床で行われる動作は、かたさを評価する観点から、足裏のみが接触する歩行と、おもに足裏以外が接触する上足床特有の動作の2種に分類できることを明らかにした。また、上足床特有の動作間では、快適性からみた床の序列は大きくは変化しないことから、これらの動作の中から1つの動作を選定し、この動作を置換した荷重条件で床の変形挙動を測定することにより、各種動作による心理学的尺度と対応する性能値を設定できる可能性が高いことを明らかにした。

・4章では、3章で分類した歩行と上足床特有の動作のうち、研究成果が比較的多く蓄積されている歩行を対象に、床のかたさの評価方法を確立することを目的として検討を行った。具体的には、指針に規定された評価方法と、2章で確立した判別方法を複合し、足触りの要因を加味したかたさの評価方法を検討した。その結果、仕様変更後の測定装置で測定される  $T'$  で、指針規定装置で測定されるかたさの性能値  $T$  を代替できることを明らかにした。また、特異な感触の影響による評価の低下度合いを表す性能値として、2章にて判別に用いた  $(D_{R40} - D_{R50})/10$  と  $D_{max}' - D_{R40}$  から算出される  $D_F$  を設定した。さらに、 $T'$ 、 $D_F$  から、歩行時の心地よさ、動作のしやすさ、および両者を勘案した総合的な適、不適の程度を表す心理学的尺度と対応する性能値  $Y_1 \sim Y_3$  を算出し、図 4.7 と照合する方法を、歩行時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法として提示した。よって、仕様変更後の測定装置を、“歩行時の床のかたさ測定装置” と定義した。

・5章では、3章で分類した歩行と上足床特有の動作のうち、上足床特有の動作を対象に、床のかたさの評価方法を確立することを目的として検討を行った。3章にて、いずれの動作、評価の観点でも同様の評価傾向が得られることを明らかにしていることから、静的な動作（姿勢）に着目し、歩行時の床のかたさ測定装置をもとに、静的に荷重を載荷して床の変形特性を測定する“静的載荷装置”を開発した。本装置を用いて得られる測定結果から、上足床特有の動作時の評価に影響する局部変形を表す、40kgf 載荷時の、載荷面中心と載荷面中心から 40mm 地点の変形の差  $D_C$  を算出し、図 5.16, 5.17 と照合する方法を、上足床特有の動作時の快適性からみた上足床のかたさの評価方法として提示した。

本研究の結論は以上であるが、上足床で行われる動作は、本研究で扱った日常的な動作以外にも、高齢者施設、幼児施設、リハビリ施設などで想定される介助動作や育児動作などが挙げられる。これらの動作時の床のかたさの評価は、年齢や動作の熟練度に大きく左右されることが予想される。今後は、動作を行う人間の年齢や熟練度を考慮したうえで、これらの動作時の床のかたさの評価方法についても検討を行い、上足床のかたさの評価方法の整備を進めていく予定である。

## 参考文献

## 参考文献

- 1) 日本建築学会, 床性能評価指針, 2015.11
- 2) 小野英哲, 横山 裕, 大野隆造: 居住性からみた床のかたさの評価方法に関する研究, その 1, 床のかたさに関する心理学的尺度の構成, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 358 号, pp.1-9, 1985.12
- 3) 小野英哲, 横山 裕: 居住性からみた床のかたさの評価方法に関する研究, (その 2) 床のかたさ測定装置の設計・試作および床のかたさの評価指標, 評価方法の提示, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 373 号, pp.1-8, 1987.3
- 4) 小野英哲, 横山 裕: 人間の動作により発生する床振動の居住性からみた評価方法に関する研究, 振動発生者と受振者が同じ場合, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 381 号, pp.1-9, 1987.11
- 5) 小野英哲, 横山 裕: 人間の動作により発生する床振動の居住性からみた評価方法に関する研究, 振動発生者と受振者が同じ場合(動作した人間自身が床振動を感じる場合), 日本建築学会構造系論文報告集, 第 394 号, pp.8-16, 1988.12
- 6) 高橋宏樹, 西谷伸介, 横山 裕, 小野英哲: 住居の居室床の歩行感に関する検討, その 1 心理学的尺度の構成と床のかたさを表す物理量との関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.293-294, 2008.9
- 7) 高橋宏樹, 西谷伸介, 横山 裕, 小野英哲: 住居の居室床の歩行感に関する検討, その 2 かたさ, 振動, 安定性を総合した歩行感の評価方法に関する基礎的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.295-296, 2008.9
- 8) 井上勝夫, 木村 翔, 石川俊郎: 直貼り木質フローリング材の軽量床衝撃音と歩行感の評価に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 454 号, pp.15-23, 1993.12
- 9) 井上勝夫, 木村 翔, 前原暁洋, 渡辺秀夫, 松岡明彦: 床歩行時の足裏各部の衝撃力特性, 歩行感からみた住宅床の振動応答特性と床衝撃音遮断性能に関する研究 その 1, 日本建築学会計画系論文集, 第 477 号, pp.1-10, 1995.11
- 10) 井上勝夫, 木村翔, 前原暁洋, 渡辺秀夫: 床弾性試験用衝撃源の試作と住宅床の振動応答特性, 歩行感からみた住宅床の振動応答特性と床衝撃音遮断性能に関する研究 その 2, 日本建築学会計画系論文集, 第 483 号, pp.9-15, 1996.5
- 11) 井上勝夫, 木村 翔, 平光厚雄, 矢後佐和子, 渡辺秀夫: 歩行感から見た住宅床の感覚評価に関する研究, 歩行感からみた住宅床の振動応答特性と床衝撃音遮断性能に関する研究

- その3, 日本建築学会計画系論文集, 第504号, pp.9-16, 1998.2
- 12) 井上勝夫, 木村 翔, 矢後佐和子: 行動別に見た住宅床のかたさ感覚評価に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第521号, pp.25-31, 1999.7
  - 13) 井上勝夫, 木村 翔, 中川志郎: 床のかたさ試験用歩行衝撃シミュレータの開発と床仕上げ構造の変位応答特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第528号, pp.9-15, 2000.2
  - 14) 井上勝夫, 木村 翔, 富田隆太: 平坦床, 階段, スロープの歩行時における高齢者の衝撃力特性, 日本建築学会計画系論文集, 第541号, pp.1-8, 2001.3
  - 15) 富田隆太, 井上勝夫, 川又周太: 高齢者及び成人の歩行特性と歩行感からみた床仕上げ構造に関する検討, 日本建築学会環境系論文集, 第569号, pp.7-14, 2003.7
  - 16) 富田隆太, 井上勝夫: 直張り木質フローリング床を対象とした高齢者及び成人の歩行感覚と動的変位量に関する検討, 日本建築学会環境系論文集, 第612号, pp.15-22, 2007.2
  - 17) 富田隆太, 井上勝夫: 床構造及び床仕上げ構造の変化が歩行感覚に与える影響に関する検討, 日本建築学会環境系論文集, 第78巻, 第687号, pp.385-392, 2013.5
  - 18) 森本千早, 井上勝夫, 富田隆太: 根太床構造を対象とした歩行感覚評価について, 木質系床の変形パターンに着目した歩行感覚に関する研究: その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.627-628, 2013.8
  - 19) 岡安 智, 井上勝夫, 富田隆太, 森本千早: 変形パターンと床仕上げ材に着目した歩行感覚評価について, 木質系床の変形パターンに着目した歩行感覚に関する研究: その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.629-630, 2013.8
  - 20) 川村清志: 座り、歩行からみたカーペット類のやわらかさの評価方法に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.351-352, 2010.9
  - 21) 川村清志: 座り、歩行からみたカーペット類のやわらかさの評価方法に関する検討(2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1255-1256, 2012.9
  - 22) 川村清志: 座り、歩行からみたカーペット類のやわらかさの評価方法に関する検討(3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1079-1080, 2013.8
  - 23) 小野英哲, 三上貴正, 永田まゆみ: 身体接触時のすり傷の生じやすさおよび痛さの観点からみた床表面凸凹の評価方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第392号, pp.10-17, 1988.10
  - 24) 小野英哲, 三上貴正, 横山 裕, 佐々木正治, 永田まゆみ: 身体押しつけ時の痛さの観点

- からみた建築物床の評価方法に関する研究，日本建築学会構造系論文報告集，第 429 号，pp.1-8，1991.11
- 25) 日本建築学会，床性能評価指針，2015.11
- 26) J.P.Guilford，秋重義治訳：精神測定法，培風館，1969
- 27) 横山 裕：歩行時に発生させる床振動評価のための加振，受振装置に関する研究，動的加振装置，受振器の設定および妥当性の検討，日本建築学会構造系論文集，第 466 号，pp.21-29，1994.12
- 28) 吉岡 丹，小野英哲，川村清志，茗々原泰広：建築物の床のかたさおよびその評価方法に関する研究，その 2 床のかたさに関する心理学的尺度と物理量の対応および床のかたさの評価式・最適値の提示，日本建築学会論文報告集，第 246 号，pp.17-24，1976.8
- 29) 吉岡 丹，小野英哲，川村清志，茗々原泰広：建築物の床のかたさおよびその評価方法に関する研究，その 2 床のかたさに関する心理学的尺度の構成，日本建築学会論文報告集，第 245 号，pp.9-15，1976.7