

# 性能からみたフリーアクセスフロアの特徴と可能性

東京工業大学 教授・工学博士 横山 裕

## 1. はじめに

フリーアクセスフロアは、歴史の浅い構法である。フリーアクセスフロア工業会(JAFA)のホームページに、「日本では昭和30年代後半より電算室・半導体製造工場床用として使用されて以来、材質・機能・用途を変化させながら、今日では一般オフィスビルには欠かせない製品として認知されています」とあるように、当初は床下排気の強制空調システムが不可欠なクリーンルームの床用に開発されたが、その後、オフィスのOA化が大きく進展した1980年代後半頃から、床下配線を主眼としたオフィス用のフリーアクセスフロアが普及し始めた。前述のJAFAの設立が1990年であることも鑑みると、オフィス用のフリーアクセスフロア(以降、単に“フリーアクセスフロア”と記す)の歴史は、せいぜい30~40年ということになる。この期間は、一般に、建築材料、構法の真の評価を下すには、あまりにも短い。それゆえ、短期間にめざましく普及したフリーアクセスフロアではあるが、未だこれといった決定的な材質、形状、仕様などが確立されるには至っておらず、様々なタイプのものが次々と開発され、実用に供され、試されている段階にある。このような状況であるからこそ、床の材質、形状、仕様などにこだわらない、“性能”の概念に基づく開発、設計、選択がより重要となる。

本稿では、フリーアクセスフロアの特徴と可能性について、性能の観点から今一度整理、検討してみることとする。

## 2. 性能評価方法の具備すべき要件と JIS A 1450の特徴

性能に基づく床の開発、設計、選択を実践するためには、ツールとなる妥当な性能評価方法の確立、整備が必要である。筆者の恩師である小野英哲博士(東京工業大学名誉教授、東北工業大学名誉教授)は、(床の)性能評価

方法が具備すべき要件として、以下の3点を挙げている。  
 ・建築物使用者にとっての(床の)良し悪しを定量的に表示できなければならない  
 ・(床の)材料、構法のいかに問わず共通の方法で評価できなければならない  
 ・(床として)実際に使用に供される状態の評価ができなければならない

1点目は、性能が、建築物使用者にとってのモノの良し悪しを定量的に表す指標であることに起因する、根本的な要件である。すなわち、そのような指標でなければ、使用者は自分が使用する床を自分の責任において納得して設計、選択することはできないし、開発者も目標を合理的に設定することはできない。2点目は、床がどのような材料、構法で構成されているかは使用者にとっては本来どうでもよい事項であり、結果的に自分にとってどの程度良い床か(悪い床か)が一律に比較できなければ意味がないことによる要件である。3点目は、床を構成する個々のパーツの物性が把握できても、それらが組み合わせられた床としての性能を予測するのは基本的に不可能であることによる要件である。

これらの要件を現状のフリーアクセスフロアに適用すると、自ずと以下の点が重要ポイントとして浮き上がってくる。

- ・支柱式や置敷式、あるいはスチール系、コンクリート系、アルミ系、プラスチック系、木質系など、様々な材料、構法が存在するフリーアクセスフロアに共通に適用できる性能評価方法でなければならない
- ・パネルや支柱、各種カバーや緩衝材、さらには固定具や接着剤など、個々のパーツの物性を把握するのではなく、それらを組み合わせた床としての性能を評価できなければならない

これらのポイントは、個々の材料、あるいは特定のパーツのみを対象とした物性規格が主流となっている現状のJISの体系とは、趣を大きく異にするものである。特に、性能試験は、物性試験とは異なり試験方法が複雑になり

表1 床に要求される性能(小野英哲博士による)

大分類	性能項目	※	大分類	性能項目	※	大分類	性能項目	※
A. 建築物使用者の安全性, 快適性等からみた性能	A-1 運動動作時の弾力性, かたさ	○	B. 機器・物品等からみた性能	B-1 かたさ	×	C. 耐久・耐用性からみた性能	C-1 耐静荷重性	×
	A-2 各種動作時のかたさ	○		B-2 すべり	×		C-2 耐震性	×
	A-3 表面のかたさ	○		B-3 不振動性	×		C-3 耐衝撃性	×
	A-4 転倒衝突時のかたさ	○		B-4 断熱性			C-4 耐局部変形性	
	A-5 不振動性	×		B-5 平坦性			C-5 変形回復性	
	A-6 すべり			B-6 耐汚染性			C-6 耐摩耗性	
	A-7 表面温度			B-7 不帯ほこり性			C-7 耐傷性	
	A-8 断熱性			B-8 不発塵性			C-8 耐水性	
	A-9 あらさ			B-9 不帯静電性			C-9 耐熱性	
	A-10 平坦性			B-10 不結露性			C-10 耐火性	
	A-11 色, 光沢, 模様, 質感			B-11 不帯微生物性			C-11 耐候性	
	A-12 耐汚染性			B-12 吸水・吸湿性, 防水性			C-12 耐薬品性	
	A-13 不帯ほこり性			B-13 吸音性			C-13 耐はくり・ふくれ性	
	A-14 不帯静電性			B-14 発音性	×		C-14 耐膨張・収縮性	
	A-15 不結露性			B-15 遮音性	×		C-15 耐虫・菌害性	
	A-16 不帯微生物性			B-16 臭気・ガス不発生性				
	A-17 吸水・吸湿性, 防水性			B-17 電磁遮蔽性		D-1 施工のしやすさ		
	A-18 清掃性			B-18 配線性, 配管性	○	D-2 施工の精度		
	A-19 吸音性			B-19 空気透過性	○	D-3 工期		
	A-20 発音性	×			E-1 材料費			
	A-21 遮音性	×			E-2 施工費			
	A-22 臭気・ガス不発生性				E-3 維持・管理費			
A-23 有毒ガス不発生性				F-1 (地球)環境保全				

※欄 ○: 二重床であることが一般に有利に働くと考えられる性能  
 ×: 二重床であることが不利に働く場合があると考えられる性能

がらで、かつ得られる結果も使用者の評価と対応する“性能値”であり、物性値と比較すると物理的意味がいささか不明瞭となるため、試験者や開発者からは敬遠されがちである。しかし、上述のようなフリーアクセスフロアの現状を考えると、従来のような物性規格を制定しても使用者にとってのメリットは少なく、是非とも上記要件を満たす性能規格が必要である。

筆者も関わっている「JIS A 1450 フリーアクセスフロア構成材試験方法」は、このようなコンセプトのもと、従来の体系から抜け出し、完全とはいわないまでも性能規定を大幅に取り入れた、先進的なJISと位置付けられる。当該JISは、1997年に制定されて以来、本年(2015年)3回目の改正が行われたが、その間上記コンセプトが脈々と受け継がれているのは、ひとえに関係各位の御理解と御尽力の賜物と感謝している。

なお、当該JISは試験方法のみを規定した規格であり、規格値は前述のJAFAが工業会規格として規定している点も、特筆に値する。設計の自由度、多様性を維持するためには、共通の試験方法の規定と個々の実状に応じた規格値の規定が重要であり、上記の枠組みはこのような考え方と親和性が高いと考えられる。

## 3. 性能からみたフリーアクセスフロアの特徴

筆者は、フリーアクセスフロアの性能を特徴付ける重要なポイントとして、以下の2点を挙げる事ができると考えている。

- ・二重床である
- ・部分的に脱着可能である

ここで、JIS A 1450では、脱着可能な1単位を“ユニット”と定義している。1ユニットの大きさは、現状では500~600mm角が多いようである。

上記の2点は、いずれも「配線の収納と取り出しの自由度の確保」といったフリーアクセスフロア本来の機能に由来するものであるが、これらが床としての性能にどのように影響するかについて整理してみる。

### 3.1 二重床であることによる特徴

表1に、前述の小野博士がまとめた「床に要求される性能」を一覧にして示す。床は、人間や機器・物品等が絶えず接している部位であることから、実に多くの多岐に渡る性能が要求されることがあらためて確認できる。これらの性能の中には、例えば「A-6 すべり」や「A-9 あらさ」のように表面の仕上げ材のみでおおむね決ま

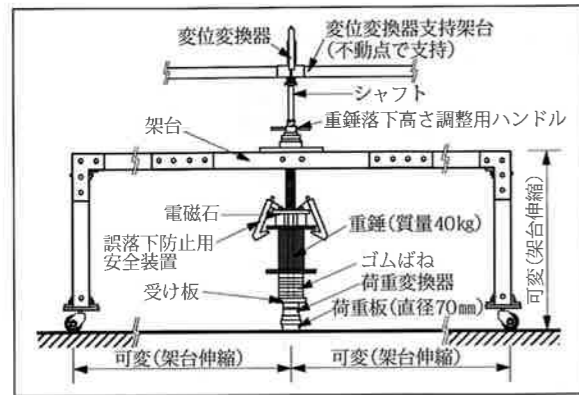
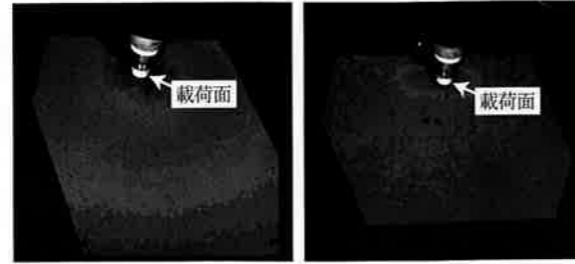


図1 各種動作時のかたさ測定装置の概要<sup>2)</sup>



(1)二重床 (2)直床  
図3 床の変形の面的な広がり測定結果の例<sup>3)</sup>

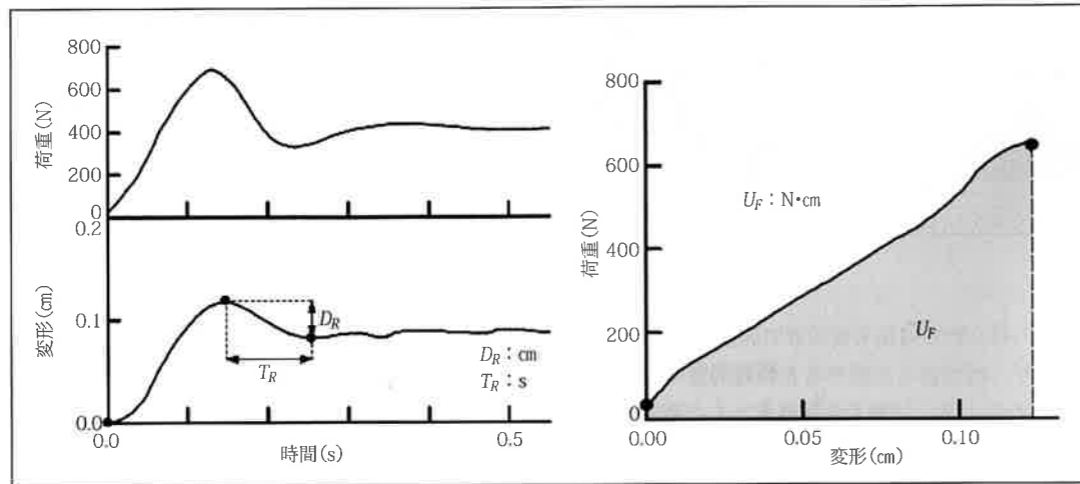


図2 各種動作時のかたさ測定装置による測定結果の例<sup>2)</sup>

る性能もいくつかあるが、大部分の性能には、二重床を含む床下地の要因が大きく影響する。そこで、表中、二重床であることが一般に有利に働くと考えられる性能に○、不利に働く場合があると考えられる性能に×を付してみた。すなわち、○は二重床の特徴を生かし他の構法の床と差別化を図るうえで特に注目すべき性能を表し、×は他の性能とのパートナーで低下する可能性があるため性能の把握と使用者への説明がより重要となる性能を表す。本稿では、これらの性能のうち、オフィス使用者の日常の安全性、快適性等の観点から特に重要な、「A-2 各種動作時のかたさ」、「A-4 転倒衝突時のかたさ」、「A-5 不振動性」、「A-20 発音性」、「A-21 遮音性」に関する性能評価方法、あるいは研究成果について紹介する。

(1)各種動作時のかたさの評価方法<sup>1), 2), 3)</sup>

各種動作時のかたさは、歩行、立位、腰降し、正座、

横臥回転などの日常的な動作時に、床と接触している身体部位で感じるかたさのことである。図1に、本評価方法に用いる「各種動作時のかたさ測定装置<sup>2)</sup>」の概要を示す。本装置は、電磁石により所定の高さに吊られた重錘をゴムばね上に落下させることにより、床に人間の歩行時と同様の動的荷重を与えたときの床の動的変形挙動を、荷重変換器および変位変換器で測定するものである。重錘の質量は40kgであり、重錘下端と自然長のゴムばね上端が接する位置から落下させる。

図2に、本装置で測定された荷重・時間曲線、変形・時間曲線と、両曲線から求めた変形の立ち上がり時点から最大に達する時点までの荷重・変形曲線の例<sup>2)</sup>を示す。床のかたさは、変形が最大に達する時点までの床の変形エネルギー $U_F$ と、はね返り具合を表示する $D_R \cdot D_R / T_R$ からなる、下式で得られる性能値で表示できる。

$$U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R / T_R$$

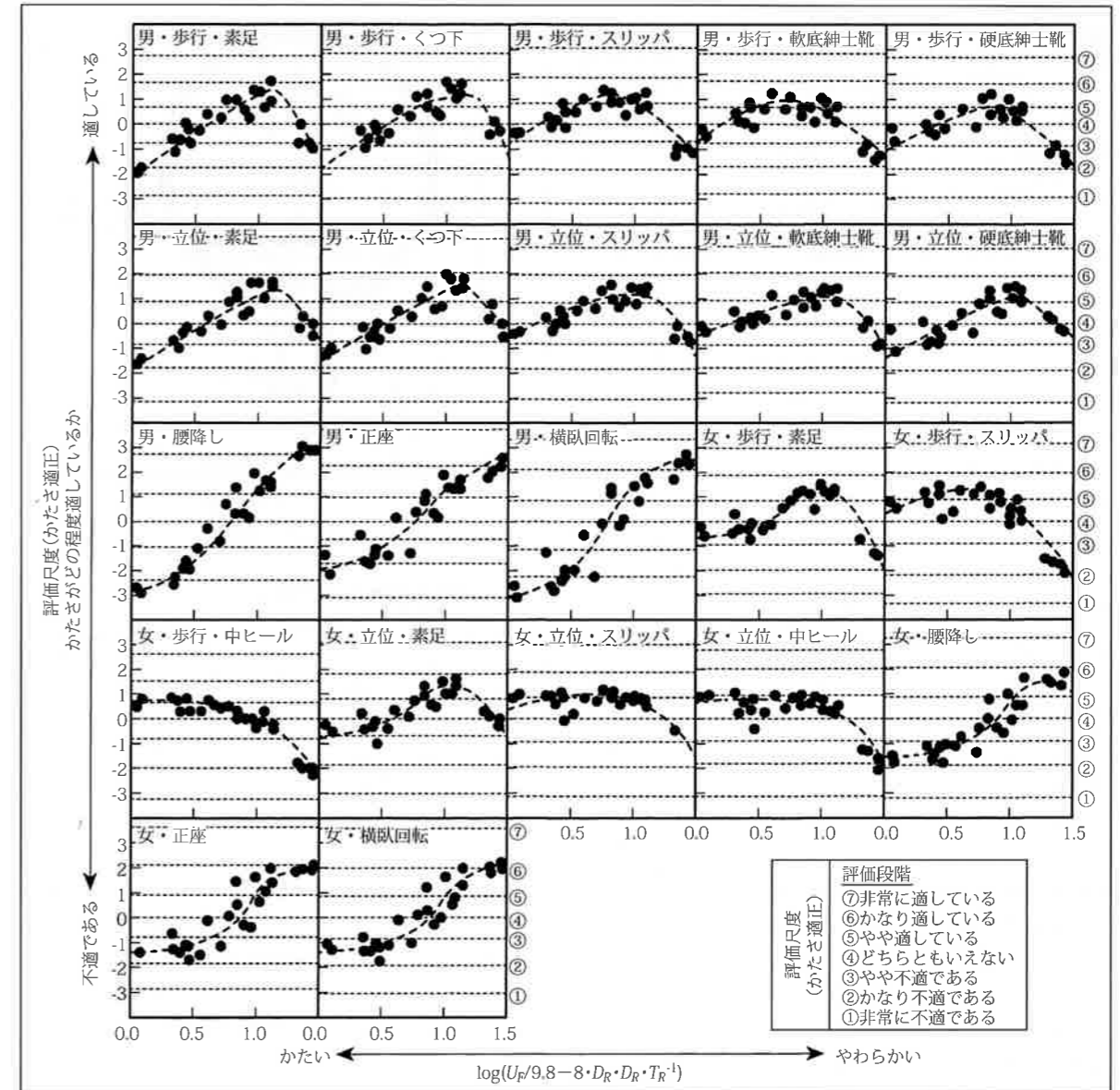


図4 各種動作時のかたさの評価指標の例<sup>2)</sup>

この式からもわかる通り、床のかたさには、着地した際のやわらかさ(緩衝作用)と、その後のはね返り(復元作用)が影響する。このうち復元作用は、動作の効率に大きく影響するが、コンクリートスラブ上に直接仕上げ材を張ったり塗ったりする直床では、大きな緩衝作用を得る目的で局部変形の大きい仕上げ材を用いると、適度な復元作用が得られない場合が多い。また、近年普及した遮音フローリングなどでは、「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じ、歩行感が著しく低下する場合がある。図3に、上述の装置を一部改

良した装置で床に歩行時と同様の荷重を与えたときの床の変形の面的な広がりを、二重床と直床と比較して示す<sup>3)</sup>。載荷面の変形は2つの床でほぼ同様であるが、(1)の二重床では変形が面的に広がっている(たわみ変形)のに対し、(2)の直床では載荷面近傍のみ変形している(局部変形)のがわかる。ここで、(2)の床は、上述の感触の影響で歩行感が低下する床であり、局部変形が足触りの悪さの原因となっていることがうかがえる。このように、適度なやわらかさと感触を両立させる観点からも、パネルのたわみなどを利用しやすい二重床は有利といえる。

表2 各種動作時のかたさの推奨値(案)<sup>4)</sup>

床の種類	動作の種類	推奨値(案)
各種動作時のかたさに対する配慮が望まれる床	普通の歩行, 立位など	$\log(U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R / T_R) = 0.2$ 以上 1.3 以下
	ゆっくりとした歩行, 立位など	$\log(U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R / T_R) = 0.4$ 以上 1.3 以下
	腰降し, 正座, 横臥回転など	$\log(U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R / T_R) = 0.6$ 以上

かたさの測定位置: 実際の使用時に動作が行われる可能性がある範囲内でかたさの観点から代表的と思われるいくつかの位置

つぎに、図4に、各種動作時のかたさの評価指標の例<sup>2)</sup>を示す。図は、官能検査手法を適用して構成したかたさの適、不適に関する心理学的尺度と、 $U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R / T_R$ の関係を示すものである。図から、動作が歩行、立位の場合、上に凸なる形状の対応曲線が得られ、かたさの最適値が存在し、それよりかたい床もやわらかい床も評価が低下するのに対し、腰降し、正座、横臥回転の場合、右上がりの対応曲線が得られ、やわらかい床ほど高い評価が得られることがわかる。この他、長時間動作し続けた場合の疲労に関する評価指標も得られているが、評価の傾向はほぼ一致している。

なお、以上の研究成果を学術的根拠として、日本建築学会床工事WGでは、 $U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R / T_R$ の推奨値(案)を表2の通り提案している<sup>4)</sup>。

(2) 転倒衝突時のかたさの評価方法<sup>5)</sup>

転倒衝突時のかたさとは、人間が何らかの理由で転倒し頭部を床にぶつけたときの傷害発生観点からみた床のかたさのことである。直床ではどうしても限界があるのに対し、二重床では、パネルのたわみなどを利用できる場合が多いため、安全性確保の観点から一般に有利といえる。

図5に、本評価方法に用いる“転倒衝突時のかたさ測定装置<sup>5)</sup>”の概要を示す。本装置は、質量3.75kgの頭部モデルを、頭皮を模した厚さ8mmのゴム板を敷いた床上に、20cmの高さから自由落下させたときの衝撃を、頭部モデルに装着した加速度計で測定するものである。ちなみに、20cmという落下高さは、成人が転倒し手などを使えないまま頭部が床と衝突した場合の衝突速度を置換したものである。したがって、落下高さを変えて測定し、都合良く他の床と差別化できる結果が得られたとしても、性能評価の観点からはなんら意味がない。

転倒衝突時のかたさは加速度の最大値Gsで表示でき、

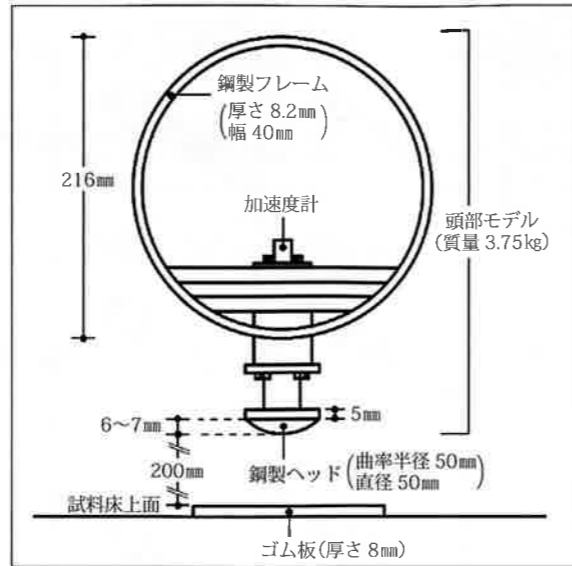


図5 転倒衝突時のかたさ測定装置の概要<sup>5)</sup>

表3 転倒衝突時のかたさの推奨値(案)<sup>4)</sup>

床の種類	推奨値(案)	備考
転倒衝突の頻度が高く配慮が望まれる床	Gs=100G 以下	幼稚園, 保育園, 学校, 病院, 高齢者施設, 運動競技施設などの中で配慮が望まれる床
転倒衝突が不可避な床	Gs=65G 以下	柔道場など

かたさの測定位置: 実際の使用時に転倒衝突が発生する可能性がある範囲内で最もかたいと思われる位置

Gsが小さいほど安全と評価できる。コンクリートの土間などほとんど変形しない剛床上でのGsは、155G程度である。ちなみに、「JIS A 6519 体育館用鋼製床下地構成材」では、体育館床のGsの上限を100G、柔道場床の上限を65Gと規定している。また、日本建築学会床工事WGでは、Gsの推奨値(案)を表3の通り提案している<sup>4)</sup>。

(3) 不振動性の評価方法<sup>6) - 13)</sup>

二重床は比較的軽量なため、人間の動作や物品の落下などにより不快な振動が発生し、問題となる場合がある。中でも、日常避けられない動作である歩行により不快な振動が発生した場合、苦情などにつながる可能性が高い。一般に、人間の動作による床振動は、単純な正弦振動とは異なる複雑な性状を示すため、独自の評価方法が必要となる。

図6に、歩行時に発生する床振動の例を、歩行者が床に与える荷重の時間変化および足の接地状況の例とともに示す<sup>6) - 9)</sup>。歩行時の床振動は、一般にかかとの先端が着地した時点の荷重のピークp1などにより励起される

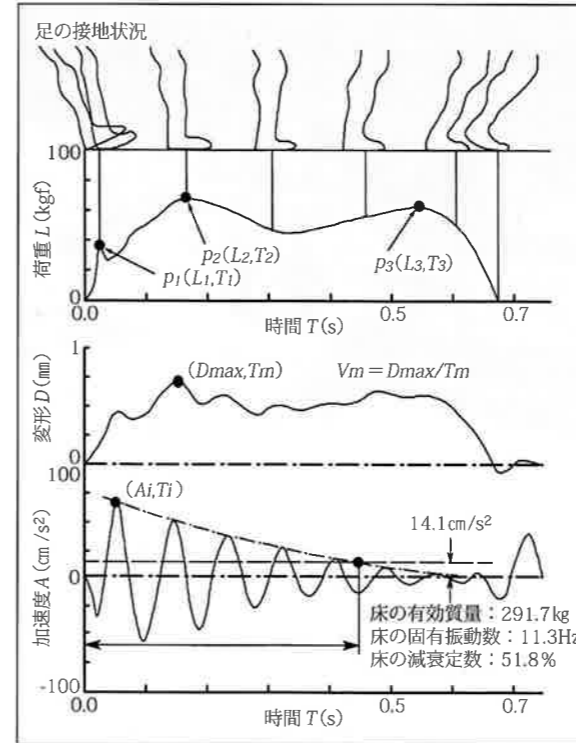


図6 人間が歩行時に床に与える荷重および歩行時に発生する床振動の例<sup>6) - 9)</sup>

床の固有振動数での減衰振動(加速度・時間曲線参照)と、足裏全体が着地した時点の荷重のピークp2などに相応した動的変形(変形・時間曲線参照)が複合された、複雑な性状を示す。ここで、歩行者と同一床上にいる受振者の床振動に対する感覚、評価は、図6に示した変形・時間曲線より得られるDmax(cm), Vm(cm/s)と、加速度・時間曲線より得られる振動が片振幅14.1cm/s<sup>2</sup>まで減衰するのに要する振動減衰時間Th(s)を複合した、下式で得られる性能値VI(2)で表示できる。

$$VI(2) = 0.2 \cdot \log(D_{max}) + 0.5 \cdot \log(V_m) + \log(Th)$$

この式からもわかる通り、人間の振動感覚、評価には、受振初期の振動の強さ(Dmax, Vm)と、その後の振動の続き具合(Th)が影響する。また、筆者らは、人間の歩行時と同等の床振動を安定して再現できる“床振動測定装置<sup>10) - 12)</sup>”も開発している。

つぎに、床振動測定装置を用い、二重床が施設された床を含む計68の実在建築物居室床のVI(2)を測定するとともに、各床での居住後評価の指標である苦情発生の有無との関係を検討した。結果を図7に示す<sup>13)</sup>。図中、×は苦情発生床、○は未発生床、△はボーダーライン上

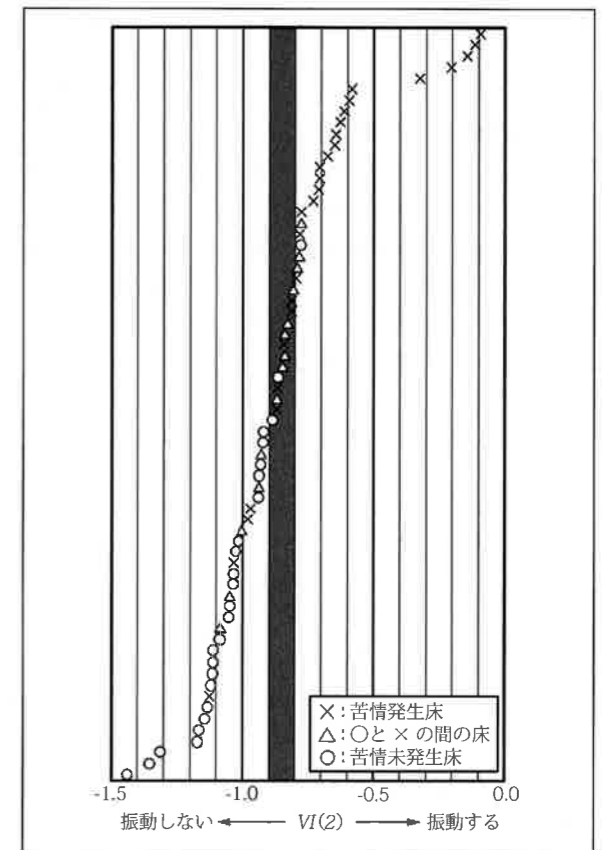


図7 苦情発生の有無とVI(2)の関係<sup>13)</sup>

表4 不振動性の推奨値(案)<sup>4)</sup>

床の種類	動作の種類	推奨値(案)	備考
人間の動作による鉛直振動に対する配慮が望まれる床	加振動作: ゆっくりとした歩行など 受振動作: 普通の立位, 椅子腰掛, 座位など	VI(2) = -0.9 以下 【聴覚, 視覚的要因による振動認知の影響も考慮する場合】 VI(2) = -1.2 以下	木造, 軽量鉄骨造住宅などの床1人歩行程度の加振力を想定

加振位置および測定位置: 実際の使用時に動作が行われる可能性がある範囲内で最も大きな鉛直振動が発生すると思われる位置を加振しその位置の鉛直振動を測定

の床を表す。図より、網掛けで示す $-0.9 \leq VI(2) < -0.8$ の床はおもに△、それより振動が大きい $-0.8 \leq VI(2)$ の床はおもに×、小さい $VI(2) < -0.9$ の床はおもに○となっていることがわかる。すなわち、VI(2)で、実在建築物における苦情発生の有無を、以下のように予測することができる。

- ・  $VI(2) < -0.9$ : 苦情が発生しない可能性が高い
  - ・  $-0.9 \leq VI(2) < -0.8$ : 苦情が発生する可能性がある
  - ・  $-0.8 \leq VI(2)$ : 苦情が発生する可能性が高い
- なお、以上の研究成果を学術的根拠として、日本建築

学会床工事WGでは、VI(2)の推奨値(案)を表4の通り提案している<sup>4)</sup>。

(4) 発音性に関する検討<sup>14)</sup>

(5)で述べる床衝撃音遮断性が上階で加振した際に下階に伝わる固体伝搬音を対象としているのに対し、発音性では、ある床を加振したときにその床上にいる人間が聞く空気伝搬音を対象としている。一般に床衝撃音は騒音として捕らえられるが、発音性で対象とする音は、それ以外に、生活を豊かに演出する要因として評価することもできる。

オフィスビルの廊下などに二重床を採用した場合、底の硬い靴やヒールなどで歩行した際、本来「コソコソ」という足音がすると無意識のうちに想定していたにもかかわらず「ボコボコ」という音がして、大きな違和感を感じることがある。このような経験を踏まえ、筆者ら<sup>14)</sup>は、足音から想起される空間イメージに関する官能検査を実施した。その結果、足音から想起される空間イメージはおもに「にぎやかさ」と「高級感」の2つの因子で構成されていることが明らかとなった。また、さらに研究を進めた結果、「にぎやかさ」は底の硬い靴やヒールなどで発生する足音の大きさで、「高級感」は同じくこれらの靴で発生する足音の周波数特性と残響特性で、それぞれおおむね表示できることがわかってきた。これらの結果は、将来、オフィスの音環境を豊かに演出するフリーアクセスフロアの開発に寄与するものと期待している。

(5) 遮音性(床衝撃音遮断性)に関する検討<sup>15)・17)</sup>

一般に、二重床は、太鼓現象の影響で、直床と比較して低音の遮断性に劣る場合があることが知られている。集合住宅で普及している乾式二重床では床衝撃音が重要な検討課題となっているが、おもにオフィスで使用されるフリーアクセスフロアでは、今のところあまり大きな問題とはなっていないようである。それでも、筆者のもとには、これまでに何件かの相談が持ち込まれている。

床衝撃音の主要な加振源の1つに、人間の歩行が挙げられる。(3)で述べた通り、歩行は日常避けられない動作であることから、不快な床衝撃音が発生した場合、加振者側に問題はなく、建築側の問題として苦情などにつながる可能性が高い。このような観点から、筆者らは、軽量床衝撃源や重量床衝撃源とは別に、歩行時の床衝撃音を直接再現できる“連続加振器<sup>17)</sup>”を開発した。写真1に、連続加振器の概要を示す。この加振器は、図6に示

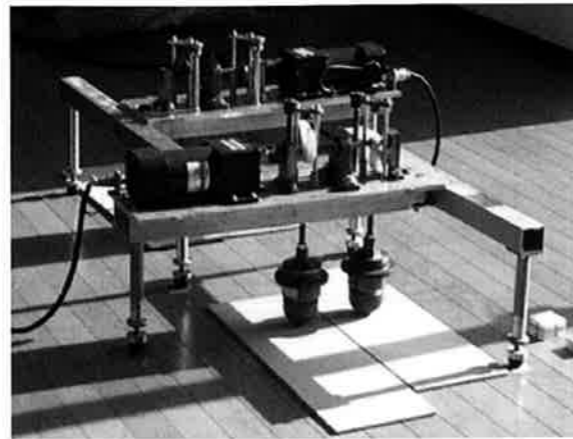


写真1 連続加振器の概要<sup>17)</sup>

すピーク $p_1$ と同等の荷重を歩調に合わせて連続的に床に与えるもので、ピーク $p_1$ に寄与する人体の有効質量や、かかと表面のかたさ、さらには着地時のかかとと床の衝突速度を的確に置換しているため、床表面にカーペットなどやわらかい仕上げ材が施されたことによる床衝撃音の低下も忠実に再現できるのが特徴である<sup>15)・16)</sup>。

本装置を用い、いくつかの実在建築物で、上階床を加振し直下階で検査員に床衝撃音を聞かせて判断を求める官能検査を実施した。その結果のうち、フリーアクセスフロアに関する事項を、以下に要約して述べる。

- ・歩行による床衝撃音に対する人間のうるささ感覚は、31.5Hz帯域を含むオールパスでの音圧レベル(周波数特性：A、時定数：FAST)の最大値 $L_{max}$ (dB(A))で表示できる。
- ・検査員に、徐々に大きな床衝撃音を聞かせ、どの程度まで許容できるか回答を求める検査(検査I)を行った。その結果、「オフィス」の会議室を想定した場合、 $L_{max} = 32.5$ dB(A)程度を許容値と回答する検査員が最も多かった。この値は、比較的高級な「マンション」の居室を想定した場合と同程度であり、「戸建住宅」および比較的廉価な「アパート」の居室を想定した場合より12.5dB小さかった(厳しかった)。また、「オフィス」と「戸建住宅」では、「アパート」、「マンション」と比較して許容値の個人差が大きく、設計時の目標値がより設定しにくいことがわかった。
- ・さらに、同一の検査員を対象に、はじめに「対策前」として各検査員の許容値を5~15dB上回る床衝撃音を聞かせ、続いて「対策後」として「対策前」より徐々に小さい床衝撃音を聞かせ、どの程度まで低減されれば許容

できるか回答を求める検査(検査II)を行った。その結果、検査Iで得られた許容値とは無関係に、対策後の床衝撃音が対策前より7.5dB低減されていれば60%以上、10.0dB低減されていれば90%以上の検査員が許容できると回答することがわかった。また、検査IIでの回答のばらつきは、Iと比較してかなり小さかった。すなわち、床衝撃音に対する絶対評価には想定する空間や個人差など様々な要因が影響するが、一度経験した床衝撃音と比較する相対評価の場合、これらの要因の影響は少なく、比較的共通性の高い評価が得られることがわかった。この結果は、既存の建築物の用途変更や、苦情が出た床の対策としてフリーアクセスフロアを採用する場合の目標値の設定などに、有効に活用できると考える。

3.2 部分的に脱着可能であることによる特徴

部分的に脱着可能であることによる特徴として、部分的な補修が容易であることに加え、室内の什器、備品類の固定に比較的対応しやすいことが挙げられる。このことは、近年高層オフィスで問題となっている、地震時における継続時間の長い長周期大振幅振動による什器、備品類の転倒、移動対策に、有効と考えられる。

そもそも床は、天井などと異なり、地震時に損傷しても人命などに関わる大きな被害につながることは少ない。しかし、二重床が部分的に脱落したり倒壊したりすると、什器、備品類の転倒や避難経路の障害につながる可能性があるため、やはり耐震性の確保は重要である。

一般に、建築物の構造体に関しては、個々の建築物ごとに敷地条件や要求性能などに応じて詳細な耐震設計がなされている。しかし、製品として様々なものが流通しているフリーアクセスフロアに関して、個々の製品ごとに大規模な振動実験や詳細な振動解析などを実施することは、現実的ではない。このような観点から、筆者ら<sup>18)・19)</sup>は、流通している様々な製品の耐震性のおおまかな序列や個々の製品の弱点を把握し、劣悪な製品を排除することを目的に、JAFの技術委員会と協力して、フリーアクセスフロアの耐震性の簡便な評価方法について検討した。

フリーアクセスフロアは、通常複数のパーツの組み合わせで構成されており、かつ各パーツの接合部のディテールは様々で、固定度が低い接合部が存在する場合も多い。したがって、簡便な方法といっても、解析的な検討や、静的な実験結果に基づいて耐震性を評価するの

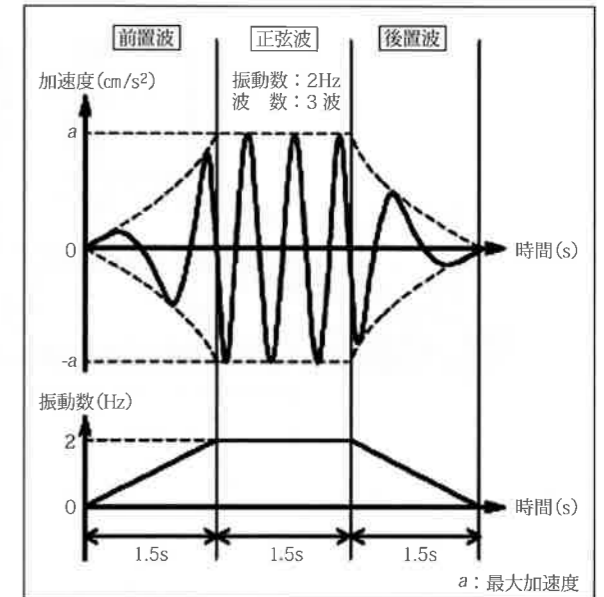


図8 簡易入力波の概要<sup>18)</sup>

は困難であり、動的な実験を基本とした評価方法とする必要がある。また、2.で述べた通り、パネルや支柱など一部のパーツを取り出したり、根拠なく簡略化、標準化したりすることは、避けなければならない。一方、一般的なフリーアクセスフロアは、四角形(おもに正方形)のユニットをつなげて水平面を構成しているものが多く、ユニット間の固定度の低さを考慮すると、水平2方向の力学的独立性が高いものが多い。このことは、水平1方向のみの振動実験結果に基づいて耐震性を評価できる可能性が高いことを示唆している。実際、水平2方向と1方向の振動試験を実施し結果を比較したところ、2方向加振時と2方向のうち加速度振幅が大きい1方向のみの加振時で、フリーアクセスフロアに生じる損傷は大きく異なることが確認できた<sup>19)</sup>。

以上に述べた考え方や予備的試験結果に基づいて、実地震波をフリーアクセスフロアに生じる損傷の観点から同等の効果があるとみなせる簡便な正弦波に置き換えるための実験を繰り返し、最終的に、図8に示す2Hz3波の正弦波を主体とした簡易入力波<sup>18)</sup>を設定した。この簡易入力波は、実地震波で加振した際、フリーアクセスフロアになんらかの損傷が生じたのは、いずれも加振中の加速度振幅が最大に達した時点前後の比較的短い期間であったことから、最大振幅前後の数波を置換すればよいとの基本構想に基づいて設定したものである。このように判断できる根拠の1つとして、パーツ間の固定度が低



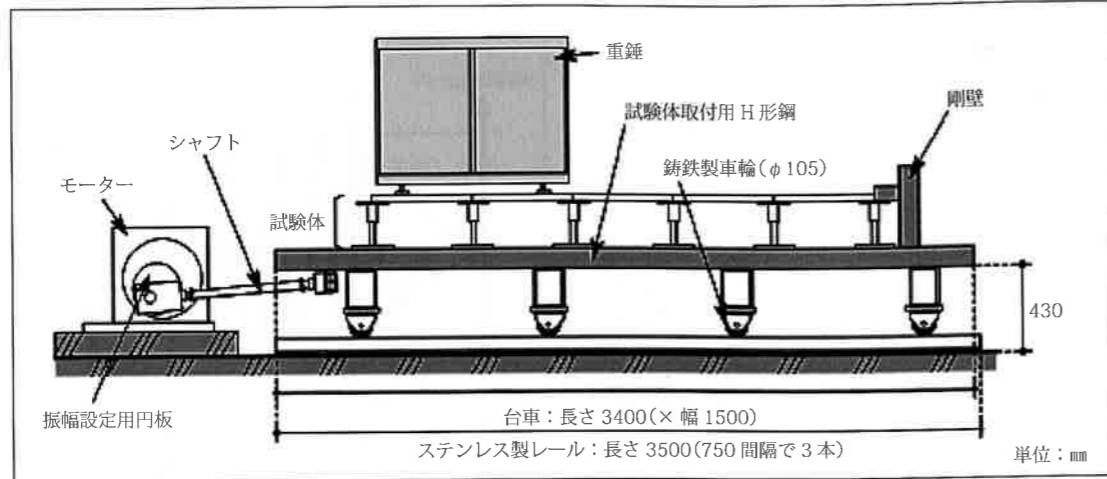


図9 簡易振動台の概要<sup>18)</sup>

いフリーアクセスフロアでは、明確な固有振動数は存在しない場合が多く、入力波との共振により振動が徐々に増幅し損傷に至る事例は少ないと予想できたことが挙げられる。実際、実地震波と簡易入力波による振動試験結果を比較したところ、簡易入力波で損傷が生じなければ、最大加速度が同じ実地震波でも損傷は生じないとみなせることが確認できた。

また、図9に、この簡易入力波を発生させることができる、簡便な構造の簡易振動台<sup>18)</sup>の概要を示す。図には、簡易振動台上にフリーアクセスフロアを設置し、さらにその上にコピー機を模擬した重錘を乗せた状態を示した。図に示すように、この振動台はモータの回転をクランクを利用して1方向の並進振動に変換する機構のもので、モータの回転数で振動数を、クランクの半径で振幅を、それぞれ制御するものである。

以上に述べた簡易入力波および簡易振動台は、JIS A 1450に規定され、当初の目的の通り様々な製品の耐震性のおおまかな序列や個々の製品の弱点の把握、および劣悪な製品の排除に貢献している。ただし、構造設計で扱っている「耐震」とは多少目的を異にしていることから、試験の名称は「振動試験」としている。

さらに、筆者ら<sup>20), 21)</sup>は、実際に什器、備品を固定したフリーアクセスフロアを試験体として、上述の簡易入力波の適用性を検討した。振動試験状況を図10に示す。什器、備品類を固定する場合、単に固定具の強度のみならず、フリーアクセスフロアの各パーツの接合部のディテールや、コンクリート床下地との接触面の状態、場合によっては床下地表層部の表面強度などをも含め、全

体をシステムとしてとらえ耐震性を検討する必要がある。このことを念頭に、実地震波と簡易入力波による振動試験結果を比較したところ、什器、備品類が固定された場合も、簡易入力波で実地震波による損傷の有無をおおむね予測できることが明らかとなるとともに、損傷が生じる箇所も、実地震波と簡易入力波でほぼ一致することが確認できた。すなわち、地震時における力の流れの中でどの部分が弱点となるかを、的確に把握できることが明らかとなった。このことは、バランスの取れたシステムの構築に、大きく貢献するものと期待できる。ちなみに、什器、備品の重心を水平に加力する静的荷重試験も実施したが、損傷が生じる荷重から換算した加速度も、損傷が生じた箇所も、実地震波や簡易入力波による動的試験結果とは一致しない場合があったことを付け加える。

#### 4. おわりに

本稿では、フリーアクセスフロアの本来の機能に由来する特徴と床に要求される性能の関係を整理するとともに、フリーアクセスフロアが有利と思われる性能、不利と思われる性能を抽出し、これらに関する妥当な性能評価方法や研究成果を紹介した。各性能評価方法や研究成果の詳細については、参考文献を参照していただきたい。なお、表1に×を付しながら本稿で取り挙げなかった性能のうち、オフィスで重要と思われる「C-1 耐静荷重性」、「C-3 耐衝撃性」については、JIS A 1450およびJAF規格に試験方法および規格値が規定されている

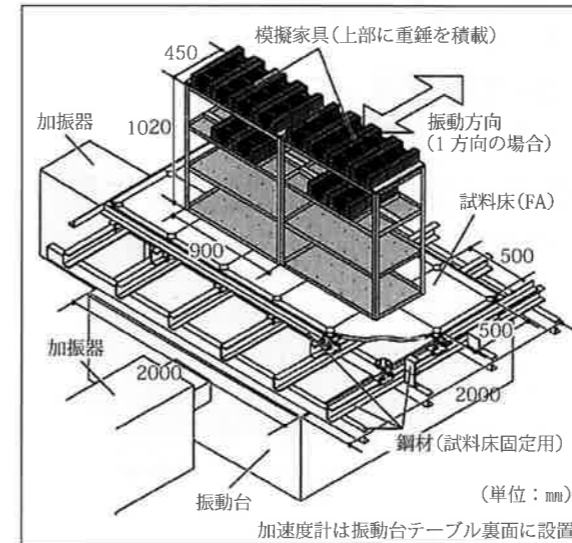


図10 什器、備品が固定されたフリーアクセスフロアの振動試験状況<sup>20)</sup>

ことを付け加える。

最後に、表2～4に示した日本建築学会床工事WG提案の推奨値(案)は、本年(2015年)11月に一部修正のうえ「(案)」が取れ、学会の正式な「床性能評価指針」として発行予定であることをお伝えする。建築物使用者の要求性能と合致したよりよいフリーアクセスフロアの開発、設計、選択に、有効に活用していただくことを期待する。

#### 〈参考文献〉

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 横山 裕, 福田真太郎: 感触の影響で評価が低下する床の動的判別方法の提示, 動作時の適性からみた床の変形性状の評価方法(その2), 日本建築学会構造系論文報告集, 第79号, pp.877-885, 2014.7
- 4) 日本建築学会床工事WG: 床の性能評価方法の概要と性能の推奨値(案), 2008.6
- 5) 小野英哲, 三上貴正, 渡辺博司: 安全性からみた学校体育館床

- 6) 小野英哲, 横山 裕: 人間の動作により発生する床振動の振動感覚上の表示方法に関する研究, 一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
- 7) 横山 裕, 小野英哲: 人間の動作により発生する床振動の振動感覚上の表示方法に関する研究, 一振動発生者と受振者が異なる場合, 日本建築学会構造系論文報告集, 第390号, pp.1-9, 1988.8
- 8) 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, 一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
- 9) 横山 裕, 小野英哲: 振動発生者と受振者が異なる場合の床振動の評価方法の提示, 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(第2報), 日本建築学会構造系論文報告集, 第418号, pp.1-8, 1990.12
- 10) 横山 裕: 歩行時に発生する床振動評価のための加振, 受振装置に関する研究, 動的加振器, 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
- 11) 横山 裕, 佐藤正幸: 歩行時に発生する床振動評価のための加振, 受振装置に関する研究, 衝撃的加振器の開発および振動減衰時間算出方法の妥当性の確認, 日本建築学会構造系論文集, 第476号, pp.21-30, 1995.10
- 12) 横山 裕, 佐藤正幸: 歩行時に発生する床振動評価のための加振, 受振装置に関する研究 仕上げ材が施された床に対する加振, 受振装置の適用方法の設定, 日本建築学会構造系論文集, 第490号, pp.17-26, 1996.12
- 13) 横山 裕: 苦情発生の有無からみた実在住宅床振動の測定条件, 境界値の提示, 日本建築学会構造系論文集, 第546号, pp.17-24, 2001.8
- 14) 横山 裕, 劉 敏永, 横井 健, 山本絵理: 足音から想起される空間イメージの予測方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1037-1038, 2006.9
- 15) 横山 裕, 守時秀明, 石崎功雄: 歩行による床衝撃音測定用加振器としての衝撃的加振器の適用性に関する研究, 歩行と衝撃的加振器の加振力の検討および木造軸組構造住宅における床衝撃音, 日本建築学会構造系論文集, 第508号, pp.25-32, 1998.6
- 16) 横山 裕, 守時秀明: 歩行による床衝撃音測定用加振器としての衝撃的加振器の適用性に関する研究, 床にやわらかい仕上げ材が施された場合の歩行と衝撃的加振器の加振力の検討および床衝撃音の比較, 日本建築学会構造系論文集, 第517号, pp.23-30, 1999.3
- 17) 横山 裕, 山本絵理, 横井 健: 床衝撃音の被曝露経験が評価に与える影響に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1071-1074, 2005.9
- 18) 横山 裕, 片木詩子, 横井 健, 小野英哲: フリーアクセスフロアの耐震性評価用入力波の設定, フリーアクセスフロアの耐震性の簡易評価方法に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第595号, pp.37-44, 2005.9
- 19) 横山 裕, 横井 健, 吉田 泰: 3方向加振時と水平1方向加振時のフリーアクセスフロアの挙動の比較, フリーアクセスフロアの耐震性の簡易評価方法に関する基礎的研究, 日本建築学会技術報告集, 第14巻, 第28号, pp.405-410, 2008.10
- 20) 横山 裕, 三橋由弥子, 横井 健: 家具が固定された床の耐震性の簡易評価方法に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1027-1028, 2009.8
- 21) 横山 裕, 土屋洋亮, 佐藤晋哉: 家具が固定されたフリーアクセスフロアの耐震性の簡易評価方法および評価の一例, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.353-354, 2010.9