

床材の歩行感と生理的試験

新潟大学農学部林学科 川村 恵 洋

はじめに

われわれは日常数多くの床材に接して生活しています。その接し方は種々のはき物を着用しているか否かの差こそあれ、ほとんどが足裏と床面とによってもたらされ、しかも静止した状態か歩行という動きを伴っています。

では、人間は日にどの程度の歩行をしているのでしょうか。当然職業や環境によってかなりの差が認められ、駅員の2～4万歩、デパートの店員、ウェイトレスの1～2万歩そして団地主婦の4～7千歩という値が報告されています。一般に歩行に要するエネルギー代謝率は1.5～3.0といわれ、生理的にもかなりの影響をおよぼしているものと考えられます。居住空間において、床材の占める位置はかなり大きいにもかかわらず、床材の設計、選択にあたっては、ともしれば堅牢さととらわれがちであったように思われます。それでは、良い床材とはどのようなものを指すのでしょうか。それは堅牢さのみならず、本来の目的ともいえる歩き易く、疲労感の少ないものであるといえましょう。これらのことをしるためには、歩行によってもたらされる生理的な生体反応、言い換えれば生体負担を検討する必要があります。そして、生体負担の性質や強さをしる方法には、歩行によってもたらされる主観的な生理的反応をしるための官能試験および客観的な指標としての生体機能の変動を調べる生理的試験があげられます。

床材の物理的性質

用いた床材は木材パーケット（ブナ30×6×1.5 cm）、カーペット（ナイロンループパイル 4 mm）、軟質塩ビシート（2 mm）、コンクリートの四種類で、コンクリートの上に敷きつめました。

床材の物理的試験は、硬さに関しては鋼球のめり込みによるブリネル硬さ、ゴルフボールを高さ1 mより床面に落下させ求める反発高さおよび踵部に加速度計を取り付けた革靴を着用し歩行する際に生ずる負の加速度を求める衝撃加速度の三種類です。滑りに関しては、床材上におかれた布地で被覆した滑り片が、滑走に要した床材の傾斜角より求める静止摩擦係数、また接触温度に関しては、恒温恒湿室内での床材の表面温度および熱伝導率の二種類です。

物理的試験結果を表1に示します。

硬さの項目では、静的試験のブリネル硬さと、動的試験の反発高さおよび衝撃加速度との結果が若干異なっています。すなわち、四種類の床材を硬さ値の大きさの順に並べた場合、静的および動的試験の間で木材パーケットと塩ビシートが入れ換わっているのが分かります。そして、衝撃加速度は木材パーケット、カーペット、塩ビシートとの間で、反発高さほど差が大きいのが注目されます。このことは歩行中の踵に受ける衝撃力は床材の下地材であるコンクリートの影響を非常に強く受けることを示しています。

卑近な例ですが、今年のジャイアンツは残念な

表1 床材の物理的性質

床材*	硬 さ		歩行中の 衝撃加速度 (G)	静止摩擦 係 数	温 度** (℃)	熱伝導率 (kcal/mh℃)
	ブリネル硬さ (kg/mm ²)	反発高さ (cm)				
木材パーケット	2.44	32.1	36.7	0.49	18.1	0.11—0.13
カーベット	—	20.6	33.7	1.95	18.8	0.03—0.04
軟質塩ビシート	0.59	61.5	39.1	0.51	17.9	0.21—0.25
コンクリート	12.06	78.8	45.3	3.95	15.2	0.61—0.64

*カーベット・木材パーケット・塩ビの3種は、コンクリートの上に敷かれている。

** 恒温室(20℃, 60%)内での床材の表面温度

がら優勝を逃がしました。ちまたではドーム球場の影響が風潮されています。雨天休養がない、ドーム内の若干高い気圧そして人工芝です。その中、コンクリートの上にラバー、人工芝を張り付けたグラウンドは一般の土グラウンドに比較し、着地衝撃加速度が過大になると考えられます。今回の歩行試験の結果からも、両グラウンドの歩行時の加速度は25G (G=0.98kg/sec²) 前後と予想されますが、着地速度の増すランニング以上では、1~2割人工芝の方が高くなることが考えられます。この違いは疲労として蓄積され、好むと好まざるとにかかわらず動作の緩慢として表れましょう。

官能試験

歩き易さとは、歩行者自身の主観的な感覚にもとづくものです。この感覚を科学的に検討するためには、感覚によって比較された結果を何らかの形で数量化する必要がありますが、この試験方法として生れたものが官能試験です。

筆者は以前、新潟市の繁華街で延べ千名以上の不特定多数の人々に対し、種々の床材の歩行感に関する官能試験を試みたことがあります。方法は一対比較法であり、二つの床材を歩き比べてもらったわけです。その際四種類の床材を用いましたので六通りの組み合わせが生じます。街頭での歩行試験は、午前、午後各一組みで延べ三日を要しました。その結果、種々のはき物を着用した上での歩行にもかかわらず、硬さ、滑り易さ、歩行音などに関する官能試験と物理的材質試験結果とが非常に良い対応を示すことをみいだしました。そ

して、歩行者が歩き易いとする床材に最も深く関係する歩行感は滑り易さであり、次に硬さ、歩行音の順になることをしりました。

余談になりますが、この官能試験を実施した当時は、ご存知のポルノ映画華やかかりし頃で、ちまたには“官能の×××”，“××の官能”などのポスターが氾濫しておりました。試験協力者を勧誘するには官能試験というなまめかしい題名の看板のために至難の業でした。年齢、性、はき物などでできる限り等数を心掛けていた関係上、特に女性の協力者を得るのに苦労したことを覚えていています。幸い、初日に新聞社などが取材にきて報道してくれましたので、後日は非常に順調に運びました。

閑話休題。表2はこのたび実施した床材の歩行感に関する官能試験結果を示したものです。試験方法は前述と同様一対比較法によりました。しかし、被試験者(歩行者)は22名であり、表1に示した四種類、六通りの組み合わせの床材すべてを各自に歩きくらべていただく方法を取りました。なお、歩行試験にあたっては、被試験者はすべて所定の靴下のみを着用したこと、また歩行感の記憶の影響をできる限り少なくするために、床材の

表2 床材の官能試験結果 (Bradleyの確立)

項目	木 材	カーベット	塩ビシート	コンクリート	カイ2乗検定
硬 さ	0.08434	0.00565	0.07857	0.83144	156.68111
滑り易さ	0.53179	0.02185	0.39971	0.04665	42.37575
温 か さ	0.04401	0.95184	0.00364	0.00052	143.12882
歩き易さ	0.13378	0.59741	0.12082	0.14799	29.31396

・自由度 3のカイ2乗値 5%=7.81 1%=11.3

組み合わせと歩行試験の時間間隔に注意しました。

表 2 の各試験項目に示した数値は、数が大きいほど該当する床材の歩行感が硬い、滑り易い、温かい、そして歩き易いと感じた確率が大きかったことを表わしています。また、各歩行感のカイ二乗値は、危険率 1% における値よりきわめて大きいことから、統計的にもそれぞれの結果には、有意差が認められ、非常に信頼性が高いことを表わしています。

官能試験と表 1 に示した床材の物理的試験結果とを比較してみますと、表で明らかのように両者の間には良い一致が認められます。すなわち、“硬さ”では官能試験結果は、コンクリート、木材、塩ビシート、カーペットの順になっており、物理的性質のプリンネル硬さの順位と完全に一致しています。ところが、同じ硬さでも動的硬さともいえる硬球落下による反発高さおよび歩行中の衝撃加速度では、官能試験と比較してその順位が木材と塩ビシートが入れ替っています。歩行という床材と足との接触挙動を考えますと、静的な硬球のめり込み強さよりむしろ動的な反発高さや衝撃加速度値の方がより符合していると思われすが結果は少々異なっております。このことは木材と塩ビシートの歩行中の衝撃加速度値が似かよっていることに加え、官能試験の結果が短時間の歩行感より導きだされたことによるものと考えられます。

同様に“滑り易さ”では、官能試験の順位に対して、静止摩擦係数のそれがカーペットとコンクリートで入れ替わっています。このことは静止摩擦係数の測定法が、歩行中の防滑性と必ずしも一致しておらず、特にカーペットのような軟らかい床材には適していないことを示しているようです。

これに引き換え、“温かさ”では官能試験の結果と床材の表面温度、熱伝導率とは非常に良い一致が認められました。

以上の結果から歩き易い床材とはどのような床材をいうのでしょうか。官能試験の結果に注目すると、最も軟らかく、滑り難く、温かく感じたカーペットが一位となり、以下僅かな差ですがコン

クリート、木材、塩ビシートの順になりました。歩き易さの感覚は硬さ、滑り、温さかなどの性質を総合した結果から生じた可能性が強いものといっていると思われすが、それらの影響度合は微妙に異なっているように思われます。このたびの試験結果を総合しますと、歩き易さは滑り易さの反対である滑り難さの順位に類似した結果を示しています。この結果は前述の筆者が実施した街頭での官能試験の結果と一致していることが注目されます。

それでは、歩き易い床材とは官能試験の結果をそのまま受け入れて良いもののでしょうか。前述のように官能試験は短時間の歩行感を比較したに過ぎないものです。といて、多種類の床材について長時間にわたっての歩行比較試験を実施することには種々の困難が予想されます。この命題に答える一助として、歩行中における生体機能の変動を生理的な観点より検討する必要があります。

生理的試験

人間の種々の行動に関する生理的变化については、歩行はもとより各種運動に関しても、人間工学の分野で種々実施されてきています。その方法として、従来心機能、酸素摂取量、筋機能および視覚機能の変化に注目したものがあげられます。この中で、筋機能は主に筋電計により解析されますが、主要筋種に対する電極の取り付け並びに筋電図の解読に専門的な知識を必要とし実施困難であり、他方酸素摂取量は心拍数と高い相関がもたらされる関係上、今回は心電計を用いての心電図の解析と視覚機能変化を観察するためフリッカーを用いて試験を実施しました。

被試験者は 6 人であり、それぞれ心電計の三電極を胸部に取りつけ、前述の四種類の床材上で 30 分間歩行試験をおこないました。なお併せて、歩行前と後にフリッカーを用いて視覚機能の変化を測定しました。フリッカー値とは、点滅する光を一定条件のもとで注視し、その光点が連続する光に見えるか、ちらついた光に見えるかの境界における点滅の回数をサイクルで表したものです。疲

れるにつれてフリッカー値が低下することを利用して、自動車の運転、産業、精神労働疲労の検査法として広く利用されてきているものです。

図1は、心電計の記録紙の一部を示したものです。各時間毎に得られた心電図のパルス間隔(I)をデジタイザーをとおしてコンピューターに入力し、処理しました。生体負担の指標となる心拍数の増加率、心拍間隔変動の縮少率は次式によって算出します。

心拍数の増加率 (HRI)

$$: \{ (HR_w - HR_r) / HR_r \} \times 100$$

心拍間隔変動の縮少率 (SAR)

$$: \{ (SA_r - SA_w) / SA_r \} \times 100$$

ここで、

HR_r : 安静時の心拍数

HR_w : 歩行時および歩行後の心拍数

SA_r : 安静時の心拍間隔の変動係数

SA_w : 歩行時および歩行後の心拍間隔の変動係数

図2, 3は、歩行中における心電図の解析によ

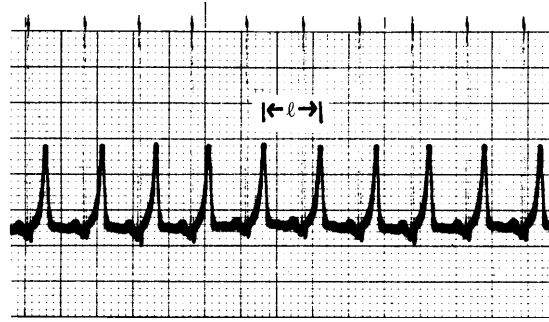


図1 心電図

る、心拍数の増加率および心拍間隔変動の縮少率を経時的に示したものです。図2の心拍数の増加率は、歩行時間を経るにしたがい増加しますが、その値はコンクリート、塩ビシート、カーペットそして木材の順に小さな値を示しています。また、心拍間隔の変動の縮少率に関しては、コンクリート、塩ビシート、カーペットそして木材の間に異なった傾向が認められます。一般に、心拍間隔の変動は安静時より仕事時の方が小さく、その仕事に激しい程、変動も小さくなるといわれています。そして、これらの結果より、生体機能の変化を示

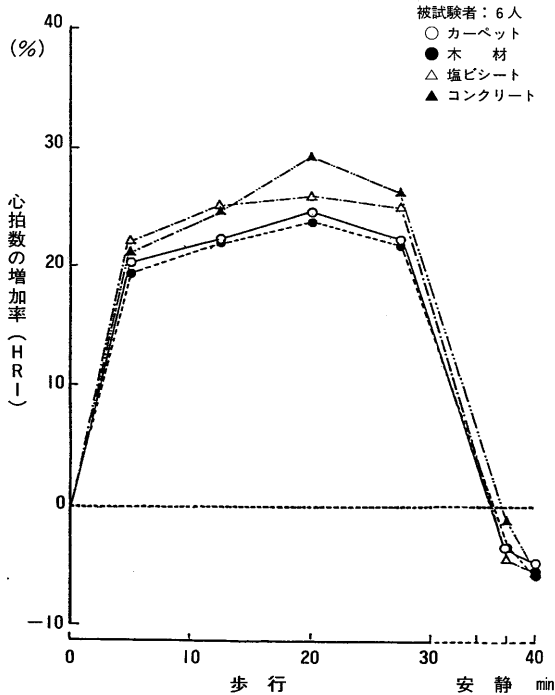


図2 歩行中の心拍数の増加率

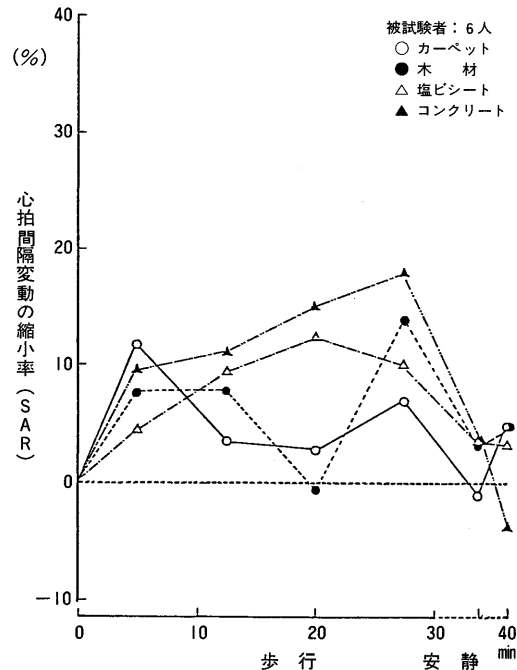


図3 歩行中の心拍間隔変動の縮小率

す生理的負担および疲労を示す指標が求められます。生理的負担とは、人間工学的にいうと、仕事によって直接引き起こされる心的拍拘や圧縮、苦痛を指し、仕事の初期の反応が指標となります。また疲労は仕事後期の反応の中に含まれます機能レベルが変化するものと考えられ、後期の生体機能の生体機能の変化から初期のそれを差し引いた値が目安となります。このようにして、各種床材を30分間歩行した際に生じた生理的および疲労を算出すると表3のようになります。

表3 床材歩行による生理的負担と疲労

	試験項目	床材の種類 (%)			
		カーペット	木材	塩ビシート	コンクリート
負担	H R I	20.4	19.5	22.2	21.8
	S A R	11.9	7.6	4.6	9.7
疲労	H R I	1.9	2.5	2.9	4.6
	S A R	4.9	6.4	5.5	7.3
	C F F	2.7	2.4	1.3	3.3

表3の生理的負担に注目すると、心拍数の増加率では、各床材の間に大きな差異は認められないが、心拍間隔変動の縮少率では、カーペット コンクリートの値が他の床材より明らかに大きな値を示しています。言い換えれば、床材は硬すぎても軟らかすぎても、歩行時の生理的負担は大きくなる傾向が認められます。

次に、疲労に注目すると、歩行時間が短かった関係上、各床材間に明確な差異は認められませんが、コンクリートの歩行はフリッカー値の低下率(CFF)を含めた3つの試験方法で、いずれも大きな値を示し、カーペットが若干ほかの3種類の床材より小さな値を示す傾向が認められます。

むすび

床材の歩行感と生理的試験に関しては、まだまだ研究が進められていません。それは歩行者の肉体状態はもとより、心理的また生活環境などの要因が交錯し、実験結果の解析が難しいためとも考えられます。

今回の実験には4種類の床材を用いていますがいずれもコンクリート上に直打したものを使用し

1988年11月号

ています。現在、木造住宅を想定した床材について同様の試験を実施していますが、いってみれば研究の緒に着いた状況といえます。以上の理由から、本実験の結果は断定するにはまだ種々の実験を重ねる必要がありますが、感想も含めて以下列記致します。

1. 短時間歩行による床材の官能試験と物理的性質との間には“硬さ、滑り、温かさ”の試験項目で良い一致が認められました。
2. 官能試験における“歩き易さ”に関しては滑り難い床材が比較的良好な結果をもたらす傾向が認められました。
3. 生理的試験における心電図解析およびフリッカー試験の結果、生理的負担と疲労の判定に差異が認められました。この原因として、歩行に関する生体器官の関与の様式に違いが考えられ今後の検討が必要といえます。
4. 生理的負担、疲労共にコンクリートが最も大きく、カーペットは明確な判定が下し難い結果になりました。この点、短時間の歩行による官能試験結果と比較すると生理的試験結果は若干異なる傾向を示しました。

