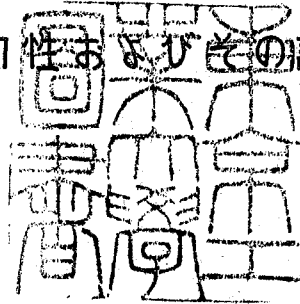


論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	体育館の床の弾力性およびその評価方法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	小野英哲
Author(English)	HIDENORI ONO
出典(和文)	学位:工学博士, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第628号, 授与年月日:1975年9月25日, 学位の種別:論文博士, 審査員:吉岡丹
Citation(English)	Degree:Doctor of Engineering, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第628号, Conferred date:1975/9/25, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

体育館の床の弾力性およびその評価方法に関する研究



昭和50年9月

小野英哲

東京工業
大学

384611

目 次

第1章 序論 -----	1
第1節 本研究の目的と範囲 -----	2
第2節 体育館の床の材料・構法の現況 -----	3
1.2.1 体育館の床の概要 -----	3
1.2.2 組床 -----	4
1.2.3 塗床 -----	7
1.2.4 その他の床 -----	7
1.2.5 総括 -----	7
第3節 本研究と関連する既往の研究 -----	9
第4節 本研究における研究方法 -----	13
第2章 体育館の床の使用感に関する調査 -----	17
第1節 目的 -----	18
第2節 調査方法 -----	19
2.2.1 調査手法 -----	19
2.2.2 調査対象競技種目，競技者，および 体育館の選定 -----	19
2.2.3 調査内容および調査期間 -----	20
第3節 調査結果および考察 -----	21
2.3.1 回答状況 -----	21
2.3.2 弾力性に関する調査結果および考察 ----	22
2.3.3 すべりに関する調査結果および考察 ---	25
2.3.4 その他諸事項に関する調査結果およ び考察 -----	27
第4節 結論 -----	28
第3章 運動時に人間が床にあたる荷重の解析 ---	30
第1節 目的 -----	31

第2節	解析方法	31
3.2.1	既往の研究における解析方法	31
3.2.2	本研究における解析方法	32
第3節	実験装置	32
3.3.1	実験装置の概要	32
3.3.2	模擬床	33
3.3.3	跳躍高さ測定装置	39
第4節	被験者の選定および動作の限定	42
第5節	実験方法および実験経過	42
第6節	実験結果	43
3.6.1	歪 — 時間曲線	43
3.6.2	模擬床に作用する荷重および模擬床 の変形の算出に関する前提	45
3.6.3	模擬床に作用する荷重および模擬床 の変形の算出	47
第7節	考察	47
3.7.1	被験者の動作および跳躍高さ	47
3.7.2	模擬床に作用する荷重の最大値	47
3.7.3	模擬床に作用する初期高速度荷重	53
第8節	弾力性感知の裏付け	62
3.8.1	模擬床の変形エネルギーの最大値	62
3.8.2	初期高速度荷重部分における模擬床 の変形エネルギー	65
3.8.3	初期高速度荷重部分における模擬床 の変形エネルギー速度	66
第9節	結論	70
第4章	体育館の床の弾力性測定装置の設計・試 作	73

第1節	目的	74
第2節	体育館の床の弾力性測定装置設計・試 作上の理念	74
4.2.1	既往の研究における物理量	74
4.2.2	本研究における物理量および装置に 対する理念	75
第3節	体育館の床の弾力性測定装置の設計条 件	76
第4節	体育館の床の弾力性測定装置の設計・ 試作のための基礎実験	77
4.4.1	運動時に人間が床にあたえる荷重の 機械的荷重体への置換	77
4.4.2	接地面積の測定および置換	88
4.4.3	不動点に関する検討	91
第5節	体育館の床の弾力性測定装置の設計・ 試作	92
4.5.1	設計条件への対応	92
4.5.2	設計・試作結果	93
第6節	体育館の床の弾力性測定装置の性能	99
4.6.1	不動体の性能	99
4.6.2	荷重体の性能	100
4.6.3	その他の性能	101
4.6.4	体育館の床の弾力性測定装置から得 られる資料の性格	101
第7節	結論	103

第5章	体育館の床の弾力性測定装置による実地 測定	104
第1節	目的	105

第2節	測定方法および測定経過	105
5.2.1	測定対象体育館の選定	105
5.2.2	測定点の選定	105
5.2.3	測定経過	108
第3節	測定結果	108
第4節	考察	111
5.4.1	床の荷重 — 変形曲線	111
5.4.2	床の変形エネルギー	117
5.4.3	重錘の反撓高さ	123
5.4.4	床の振動の最大振幅および変形速度 ならびに振動の減衰時間	125
第5節	結論	128
第6章	体育館の床の弾力性の使用感に関する心 理学的尺度の構成	129
第1節	目的	130
第2節	構成する尺度の項目	130
6.2.1	体育館の床の弾力性の仮定義	130
6.2.2	構成する尺度の項目	132
第3節	官能検査手法	133
6.3.1	官能検査の概要	133
6.3.2	本研究における官能検査手法	136
第4節	試料	140
6.4.1	試料製作上の条件	140
6.4.2	模擬床の製作過程および結果	141
第5節	検査員	152
6.5.1	検査員の選定条件	152
6.5.2	検査員一覧	154
第6節	官能検査経過および結果	159

6.6.1	官能検査における質問事項および検査条件	159
6.6.2	官能検査経過および結果	161
第7節	使用感に関する心理学的尺度の構成	165
第8節	考察	165
6.8.1	弾力性に関する要素感覚尺度	165
6.8.2	弾力性に関する要素嗜好尺度	171
6.8.3	弾力性に関する総合嗜好尺度	181
第9節	結論	187

第7章	体育館の床の弾力性の使用感に関する心理学的尺度と床の物理量との対応, および, 弾力性の評価式・定義・最適値	189
第1節	目的	190
第2節	既往の研究	190
第3節	弾力性に関する総合嗜好尺度と床の物理量との対応に関する半続きの基本方針	191
第4節	弾力性に関する要素感覚尺度と対応する床の物理量の推定	192
7.4.1	床の基本物理量および床の物理量の定義	193
7.4.2	かたさ感覚尺度と対応する物理量の推定	193
7.4.3	はねかえり感覚尺度と対応する物理量の推定	200
7.4.4	振動の減衰感覚尺度と対応する物理量の推定	202
7.4.5	物理量一覧	205

第5節	弾力性に関する総合嗜好尺度と要素嗜好尺度の関係	205
第6節	弾力性に関する要素嗜好尺度と床の物理量の関係	208
7.6.1	かたさ嗜好尺度と物理量の関係	208
7.6.2	はねかえり嗜好尺度と物理量の関係	208
7.6.3	振動の減衰嗜好尺度と物理量の関係	212
第7節	弾力性に関する総合嗜好尺度と床の物理量との対応	212
7.7.1	総合嗜好尺度と物理量の対応モデル および多変量解析手法の選択	212
7.7.2	重回帰分析	219
7.7.3	総合嗜好尺度と物理量の関係式	219
第8節	体育館の床の弾力性の評価式・定義, 最適弾力性の提示と実存体育館床の弾力性評価	227
7.8.1	体育館の床の弾力性に関する評価式 の提示	228
7.8.2	体育館の床の弾力性の定義	229
7.8.3	体育館の床の弾力性に関する最適値 の提示	230
7.8.4	実存する体育館の床の弾力性評価	232
7.8.5	弾力性の観点からの体育館の床の設計 指針	234
第9節	結論	235
第8章	結論	237

謝辞	-----	243
参考文献	-----	244
本研究と関連した発表論文	-----	246

第 1 章 序 論

概 要

実存する体育館の床は弾力性の観点から必ずしも運動競技者の生理・心理の側面からの要求を満足しているとはいえないことを体育館の床の材料・構法の調査結果から推察して、弾力性に関する研究の必要性，目的および範囲を述べた。

また，体育館の床の弾力性は人間の心理・生理的側面と床の力学的側面の両面から追求しなければ本質的に究明することはできないという観点から，既往の類似する研究に関して，研究方法，特に測定装置および測定装置から得られる物理量，人間の心理・生理面からの考察，などに対する検討を加えるとともに，本研究における研究方法を述べた。

第1節 本研究の目的と範圍

体育館の床に要求される性能の項目は一般建築物の床に要求される性能の項目と異なるものではない。しかしながら、体育館の床では運動競技者が激しくかつさまざまな動作で運動を行なうので、一般建築物の床にくらべ運動競技時の運動競技者の使用感に影響をあたえる性能の項目がより重要なことは明白である。

昭和40年、昭和45年および昭和47年に運動競技選手を対象として行った体育館の床の使用感に関するアンケート調査結果から、体育館の床の使用感に影響をあたえているおもな性能項目を抽出するとつぎのようである。

。弾力性　。すべり　。床面の凹凸および欠損　。冷え
。発音　。色

これらの性能項目のうち特に弾力性とすべりは運動競技者に多大な影響をおよぼすことから、重要な性能項目であることが認識されているにもかかわらず、問題の複雑さのためか国内外においていまだ基礎的な研究がなされていない。このため体育館の床の開発・設計・施工は従来からの経験に頼つてなされており、運動競技者にとって使用感のよくない床も数多く建設されているのが実状である。

本研究では、これらふたつの重要な性能項目のうち弾力性を取り上げ、弾力性の本質を究明し、その評価方法を確立するとともに、最適な弾力性を工学的に一般性のある床の物理量とともに求め、最適な弾力性を有する体育館の床を開発するための基礎的資料とすることをおもな目的とする。

また、本研究は、“建築材料および建築構成要素の性能評価”の分野、そのなかでも特に困難とされている“人間とのかかわり合いにおける建築材料および建築構成要素の性能評価”の分野に位置づけられるものであり、本研究をとおして

この分野におけるひとつの研究方法を確立することも目的のひとつとする。

なお、対象とする床は一般室内体育館の床とし、柔道場、剣道場など特殊な運動競技種目だけに使用される運動競技施設の床は対象外とする。

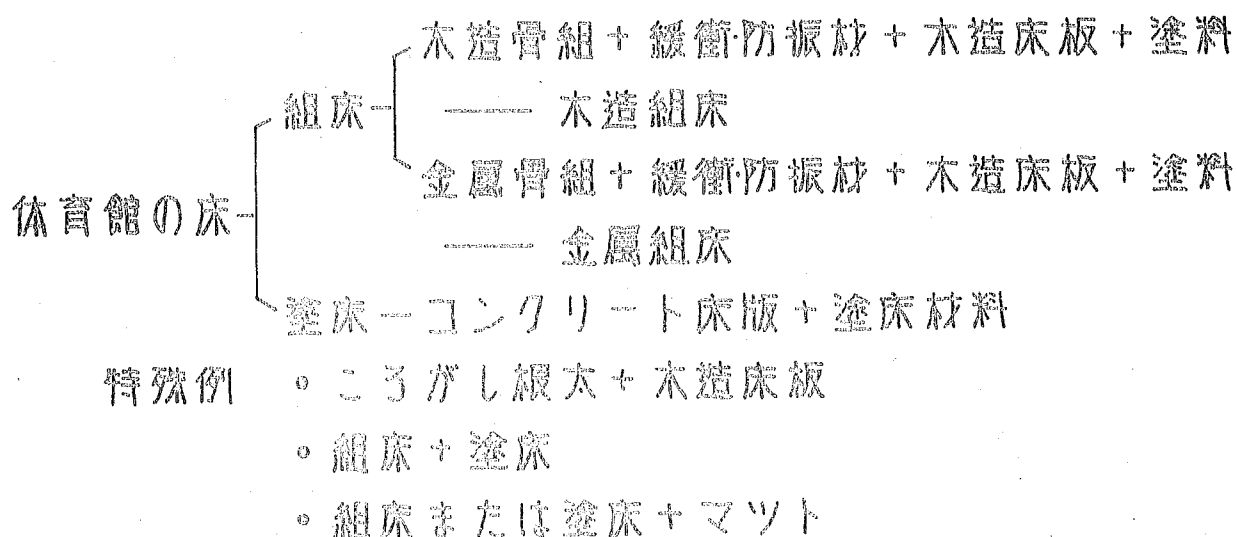
また、要求される弾力性を満足する体育館の床の材料・構法などの具体的な開発は本研究の範囲外とする。

第2節 体育館の床の材料・構法の現況

1.2.1 体育館の床の概要

わが国に本格的な室内体育館が建設されたのは大正6年で東京神田美土代町に建設された東京YMCA体育館がはじめてである。¹⁾ 以来、体育振興政策とあいまって室内体育館の建設数は増加の一途を辿っている。

わが国に実存する室内体育館の床の材料・構法を概括的に分類すると、表一四のように、大引・根太などの部材を架構材として組合せて床の構造骨組を構成しその上に床板を張った組床と、コンクリート床版の上に塗床材料を塗り重ねた塗床とに分類できる。従来、わが国の室内体育館の床はすべて組



表一四・一 体育館の床の分類

床でかつ木造骨組のものであったが、昭和28年ごろから施工のし易さ、維持管理のし易さを強調した塗床が出現し、現在では建設される全体育館の床の2割程度を占めるに至っている。また、木造骨組の床にかわつて金属骨組の床も出現している。

いずれの床も、力学的強さ、耐久性、施工のし易さなどに関してはさまざまな工夫がなされているようであるが、運動競技者にとつてもつとも大切な使用感に関しては充分な考慮がなされているとはいえないのが実状である。たとえば、建設数が増加しつつある塗床はかたくてすべり具合が悪く、ほとんどの運動競技選手が使用感上不満足であり、バスケットボール競技の公式戦には木造床以外の床を使用してはならないという規格ができているほどである。²⁾

このように使用感の悪い体育館の床が建設される原因としては、使用感を左右する弾力性・すべりなどに関する基礎的な研究がなされてなく、設計資料のないのが第一と考えられる。

1.2.2 組床

組床は表一1-1に示したように、木造の大引・根太から成る木造骨組を用いた木造組床と、金属の大引・根太から成る金属骨組を用いた金属組床に分類される。

図一1-1に木造組床の一般的な構成を示した。

表一1-2に昭和40年に仙台市内の主要な体育館の木造組床の材料・構法を調査した結果を示した。空欄は実地調査でも、図面調査でも不明だった部分である。

この調査結果と数々の体育館の床の設計・施工例から、木造組床の一般的な材料・構法を一覧にしたのが表一1-3である。

これらの結果から、弾力性と密着な関係があると考えられる、床板の厚さ、根太断面寸法および根太間隔、大引断面寸

表一 1 . 2 木造組床の材料・構法の調査結果

体育館名	床板			下貼	檜板			根太			大 引		
	枚料	厚さ	仕上げ		枚料	厚さ	工法	枚料	断面	間隔	枚料	断面	間隔
東北学院大	ぶな		スライ ワークス	なし		12	斜張		60×60 100×100	450 1800		105×105	800 900
宮城女学院	ぶな		スライ ワークス	アスファルト フェルト 15kg	すぎ	18	斜張		54×45	360		45×90	900
宮城県スポーツ センター	さくら	18	シール サン2面	アスファルト フェルト 25kg	すぎ	24	乱貼	ひのき	45×45	350	ひのき	120×120	900
三島学園	なら	18		なし		なし			60×37	360		90×90	900
仙台一高	ぶな	18		アスファルト フェルト 20kg		15	斜張		60×60	360		120×90	1200
聖和学園	なら	18		なし	まつ	24	斜張		120×60	360		120×120	1000
宮城三女高	ぶな	18		アスファルト フェルト 17kg	すぎ	18	斜張		60×45	360		105×105	900
仙台三高	ぶな	18		アスファルト フェルト 17kg	すぎ	24	斜張		75×60	450		105×105	900
常盤木学園	ぶな		色付き ワークス	なし	すぎ	18	根太と 直角		60×60	450		105×105	900
東北大中央	なら	21		なし	まつ	24	斜張	すぎ	54×45	300	すぎ	105×105	900
塩釜女子高	ぶな			なし	まつ		斜張	まつ	60×45	300	まつ	180×75	900
仙台二高	ぶな	18	ワレタン グライダー	アスファルト フェルト 17kg	すぎ	21	斜張		75×60	450		105×105	900

表 - 1 ・ 3

木造組床の材料・構法一覧

部 材	工 法	材 料	断面寸法 	備 項
仕上げ塗料		オイルステイン下地 + ワックス 合成樹脂塗料 (ポリウレタン系樹脂) (脂が多い)		
床 板	サネなしつきつけ サネつき 乱張り かくし釘打(+隠天釘打)	さくら, なら ぶな, かえで かば	$15 \leq a \leq 24$ $60 \leq b \leq 90$	
下 貼		アスファルトフインタ 17kg ~ 25kg		使用しない場合 もある
捨 板	斜め張り 乱張り	すぎ, まつ ひのき, 合板	$12 \leq a \leq 24$ $170 \leq b \leq 250$	使用しない場合 もまれにある
根 太		すぎ, まつ ひのき	$45 \leq a \leq 120$ $39 \leq b \leq 100$ 根太間隔 300 ~ 450	
大 引		すぎ, まつ ひのき	$45 \leq a \leq 180$ $90 \leq b \leq 120$ 大引間隔 900 ~ 1200	使用しない場合 もまれにある (ころがし根太)
防振材 緩衝材	根太あるいは大引の 下部にとりつける	防振ゴム 鋼製コイルばね 鋼製板ばね		柔剣道場には使 用するが室内体育 館には使用しない ことが多い
支 持 体	束方式 ブロック方式	木 材 コンクリート		

法および大引間隔の間に相関性が認められず、弾力性を厳密に考慮して体育館の床が設計されているとはいえないことが推察できる。しかし、木造組床は古くから使用されており、経験的事実にもとずいて設計施工されているため運動競技者に好まれるものが多い。

図-1.2に金属組床の一例を示した。緩衝ゴム、防振ゴムの性能および床全体の振動の減衰性能などに関して不明な点が多くかつ建設例もすくないので詳細な考察はできないが、木造組床の耐久性・施工性を改良した点で評価されている。

1.2.3 塗床

現在建設されている塗床には大きくふたつの種類があり、その概要は図-1.3のとおりである。

どちらの種類の床もやわらかくて弾力性があるとうたっているが、実際にはかたい床が多く運動競技者にとって必ずしも使用感が良いとはいえないようである。しかし、清掃が容易、補修が簡単、施工が容易、くるいを生じない、など、木造組床にくらべてすぐれている点も多く、現在、各製造業者とも弾力性に重点を置いて研究・改良中であり今後の発展が期待される床といえるだろう。

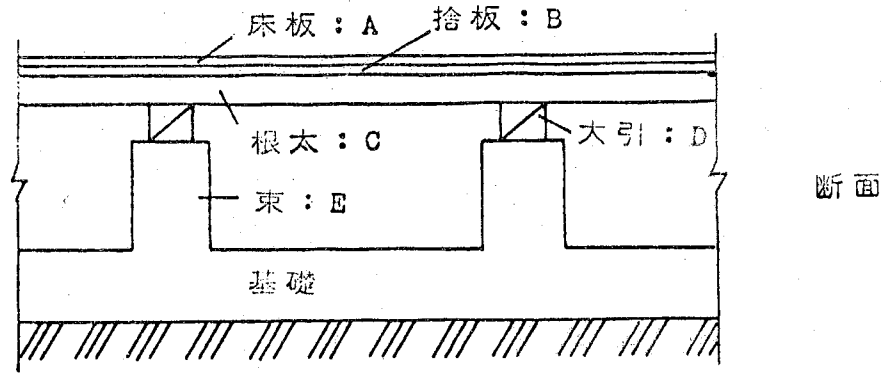
1.2.4 その他の床

木造組床、塗床が体育館の床の大半を占めるが、特殊例として、木造組床の上に薄い鉄板を張りその上に塗床を施工したものがある。

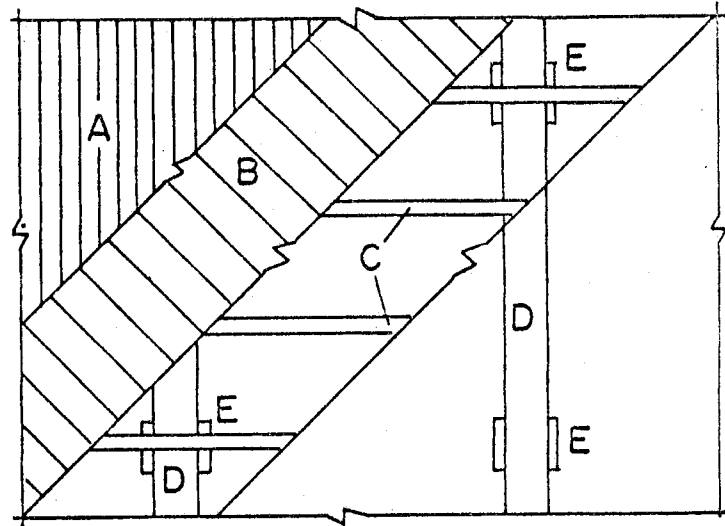
また、バドミントン競技における世界選手権大会程度の公式試合には、弾力性・すべりの条件を同一にするため床の上に厚さ約7^{mm}の麻のマットを敷く場合がある。

1.2.5 総括

実存する体育館の床の概要を述べたが、いずれの床にも各々短所がある。



断面



平面

図-1・1 木造組床の一般例

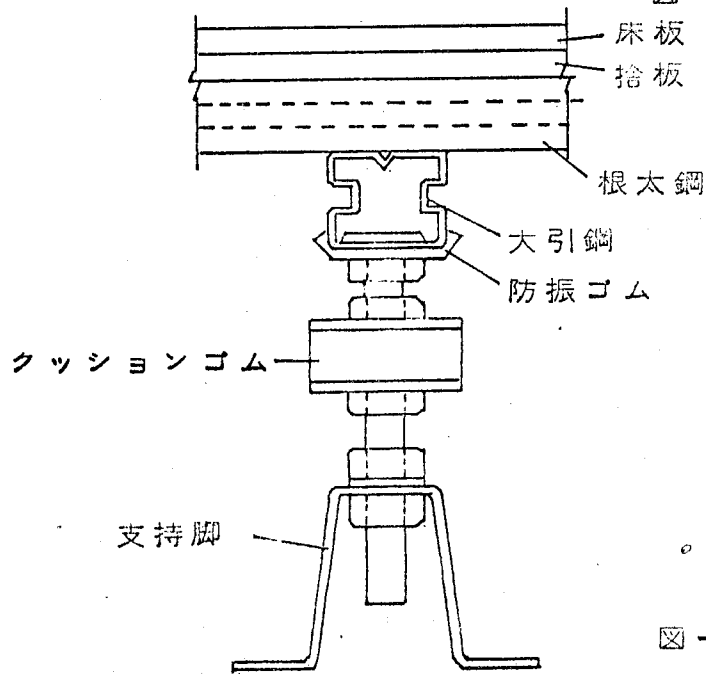


図-1・2 金属組床の例

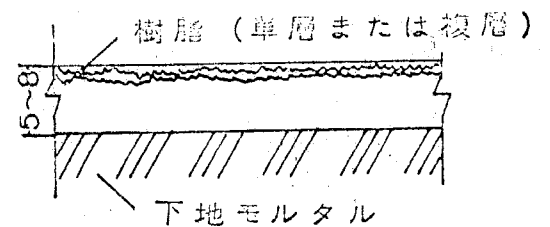
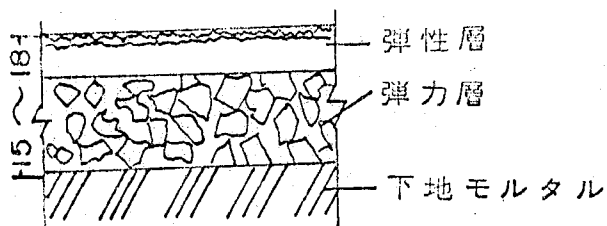


図-1・3 塗床の例

木造床の場合は

- 弾力性が時間とともに変化する。
- 湿気による，そり，むくみ，などの障害が生じやすい。
- ささくみ，あなあき，など運動競技者に危険な欠損が生じやすい。
- 維持管理に手間がかかる。 など

塗床の場合は

- 施工時に不陸が生じやすい。
- 弾力性が悪い。
- すべり具合が悪い。
- 表面にきずがつきやすい。 など

これらの欠点は逐次改良されるべきであるが，弾力性，すべりなど使用感に影響をあたえる性能項目に関しては研究された例が皆無にひとしく，改良するために必要な基礎的資料がないのが実状である。

第3節 本研究と関連する既往の研究

体育館の床の弾力性に関する研究は国内外において皆無である。しかし，近年国内外において，運動競技者，体育館設計者，床の製造業者などの間に弾力性・すべりなどに対する関心が高まっており，今後この方面の研究が大に行われる可能性はある。

また，本研究を“人間とのかかわり合いにおける建築材料および建築構成要素の性能評価”の分野に位置づけた場合，この分野に関する研究も数すくなく確固たる研究方法も確立されていがないのが実状である。近年まで建築材料および建築構成要素の研究分野ではおもに強度・耐久性に関する研究が多く，複雑な要因が絡み合う人間の心理・生理と関連した分野までは手がまわらなかつたのが実状であろう。

このような状況から本研究を進める上で参考になる研究は数すくないが、本研究と関連する研究として、一般建築物の床の“かたさ”に関してこれまでつぎの研究がなされている。

1. 床のかたさ（内田祥哉博士）³⁾

2. 床仕上材料の弾力性（吉岡丹博士）^{4), 5)}

3. 床仕上材料の緩衝効果（吉岡丹博士, 平井和喜博士ほか）⁶⁾

4. 床のかたさが人体に及ぼす影響（胡占星博士ほか）^{7), 8)}

5. 床材の官能試験（川村恵洋氏ほか）⁹⁾

これらの研究の概要を述べるとともに本研究と関連させて考察する。

1. 床のかたさについて

砂を内包した硝子球を床に落下させ、硝子球が割れる硝子球の落下高さで床のかたさを判定しようとした研究で、床仕上材料のかたさと硝子球の落下高さとの間に相関関係が認められると結論している。

この研究で不足と考えられる点はつぎのとおりである。

- 砂を内包した硝子球の大きさおよび重量が基礎的な研究結果からでなく単なる目安で決定されていることから、硝子球が床に衝突する状況が人間の歩行時のそれに近似しているかどうか不明なため、実状にそつた床仕上材料のかたさを抽出しているかどうか疑問である。

- 床のかたさとは人間の心理・生理との関連において把握されるべきであるが、この点に関する検討がなされていない。

- 床のかたさを判定できたとしても、硝子球の落下高さと床材料自体がもっている諸性質との関連を究明していないので、硝子球の落下高さは単なる判定指標でしかなく、結果を床材料の開発・改良にただちに還元することができない。

2. 床仕上材料の弾力性について

直径 $3/8$ inchのボールベアリング用鋼球を床仕上材料に斜め

に衝突させたときの鋼球の反跳距離を測定する装置を試作して、床仕上材料の反跳係数および衝突時のエネルギー吸収率を求め、床仕上材料の弾力性との相関関係を究明しようとした研究である。本来、床仕上材料の摩耗に関する研究において床仕上材料の耐摩耗性と反跳係数との関連を考察する目的で研究されたもので、それを床仕上材料の弾力性に広げようとした研究である。

この研究で不足と考えられる点はずぎのとおりである。

- 鋼球の大きさ、重量および落下高さの決定条件が実状に合致しているとはいいがたく、研究者自身も述べているように、床仕上材料表面の反跳係数は把握できても弾力性と関連すると考えられる床仕上材料の深部とか下地の影響まで考察することはできない。

- 人間が感ずる弾力性との相関を考察していない。

- 評価指標として得られる反跳係数などは必ずしも材料自体がもっている弾力性に関連する特性を表わしているものではないと考えられ、床仕上材料の改良・開発にただちに還元できる資料にはならない。

3. 床仕上材料の緩衝効果について

アルミバーを装着した重錘が床上に落下したときのアルミバーの歪エネルギーおよび歪エネルギーの時間変化で床仕上材料の緩衝効果を表示しようとした研究で、各々の物理量と床仕上材料の緩衝効果との間に相関関係があると結論づけている。2.の弾力性に関する研究を一層発展させたものである。

この研究で不足と考えられる点はずぎのとおりである。

- 重錘の重量および落下高さの決定条件が不明である。

- 人間の歩行時の感覚との対応がなされていない。

- 緩衝効果を表示する物理量として新しい概念をとり入れ、人体の感受部とみなしているアルミバーの変形エネルギーを

用いている点において評価できるが，2.の物理量をより発展させたとはいへ，床仕上材料自体の諸性質を把握するまでには到達していない。

4. 床の硬さが人体に及ぼす影響について

人間が歩行時に床にあたえる荷重の解析を行ない，その結果から重錘重量 3kg ，重錘落下高 41.3mm なる組合せで人間が歩行時に床にあたえる平均的荷重を再現できることを究明し，上記組合せの荷重体を装置に組み入れ，重錘の反撥高さや重錘の反撥運動時の加速度を測定できる床の硬さ測定器を試作し，種々の床仕上材料を測定し，重錘の反撥高さを反撥に要する時間で除した値と床の硬さとの間に相関関係があると結論づけている。

この研究で不足と思われる点はずぎのとおりである。

- 人間が床にあたえる荷重の置換に際し衝撃理論を適用しているが後述するように実状に合致しない点がある。
- 人間の歩行時の感覚との対応を究明していない。
- 測定器より得られる物理量が床仕上材料自体の諸性質を把握できるものではない。

しかしながら人間の歩行解析実験の結果を基礎にしてかたさ測定器を試作している点で評価してよいと考える。

5. 床材の官能試験について

床材の硬さに関して，936名の被験者，4種類の床仕上材料を用いてBradleyの二対比較法による官能検査を行ない，かたさ感覚尺度と試料のブリネル硬さ，重錘の反撥高さの間にある程度の相関が得られたと結論している。

この研究は人間の感覚面から究明しようとしている点で評価できるが，物理量は全然考慮されてなく，人間の感覚と直接には関連しないと考えられる硬さ試験方法によっている点，試料数がすくない点，かたさに関する嗜好の究明はしていない。

い点など今後に残された点が多いと考えられる。

以上、これまで発表されたおもな研究に関して概要を述べると同時に考察を加えたがその結果を要約すると、

- 人間の感覚や嗜好と密接に関連する問題であるにもかかわらず、人間の感覚や嗜好からの追求をしていない。

- いわゆる“かたさ測定器”を試作しているが、試作する時の基本条件が実状にそっていない。

- 測定器より得られる物理量が床のかたさに関する床仕上材料自体の性質をあらわしていないため測定器の能力は単に実存する床仕上材料を評価できるだけにとどまり、床仕上材料の改良・開発のための基礎資料を得るまでには到らない。

- “かたさ”，“弾力性”，“緩衝効果”の定義が不明確である。たとえば同じ“かたさ”でもコルクとゴムでは歩行時の感じが異なることは日常経験することであるが、この差はひとつの単純な物理量だけでは究明できないと考えられる。の4点にしぼられる。

人間の歩行機構の解析だけでも相当の困難を予想され、ましてや、置換体、感覚・嗜好などの要素が入ってくると複雑さが増して問題の解決は遠くなる可能性があるが、広範囲の分野の問題を集約し逐次的に究明していかなければ、この分野の問題の真の解決はあり得ないと考える。

第4節 本研究における研究方法

本研究と類似する研究のなかで完成したとみなせる研究はない状況なので、本研究ではまったく新しい理念で研究方法を設定しなければならない。

本研究を進める上で特に考慮する点はつぎのようである。

1. “体育館の床の弾力性”とは、本研究が完成した段階で定義されるべきであり現時点では明確に定義できないが、人

間が床の上で運動動作を行なうときの床の動的変形挙動（所定の動的荷重に対応する床の変形—時間の関係）がその基本となる。

2. 弾力性なるものは，安全性・快適性の範ちゅうに含まれるので，人間の心理・生理とのかかわり合いにおいて評価されるべきであり，床の力学的側面と人間の心理・生理的側面との関連づけにおいて究明されるべきである。

3. 力学的側面からの追求として弾力性に関係する床の物理量を同一基準で得るため，体育館の床の弾力性測定装置を試作する。試作する装置は実存する床をただ単に評価できるだけでなく，装置より得られる物理量が床自体の性質を表わし，かつ，工学的に普遍性，客観性を持つものであり，体育館の床の材料および構法などの研究・開発にただちに還元できる性格のものでなければならぬ。

4. 心理・生理的側面からの追求としては対象者を当然のことながら運動動作の激しい運動競技選手とし，他の人々はこれに準ずるものとする。

これらの観点から設定した本研究の研究方法を研究の流れとして示すと図-1.4のようである。

図における床の物理量とは，人間の心理的・生理的値に対する床の動的変形挙動より得られる物理的・工学的値の意味として用いている。

本研究の最終目的は，弾力性の評価方法を確立して最適弾力性を床の物理量とともに提示することであり，最適弾力性を有する床の開発は研究の範囲外としている。

なぜなら，材料・構法などの発展とともに数多くのものが考えられ終りのない課題と考えてよいからである。しかし，弾力性を評価するための基本となる床の物理量が明確であれば，いかなる材料・構法などが出現しても，それにそつて最

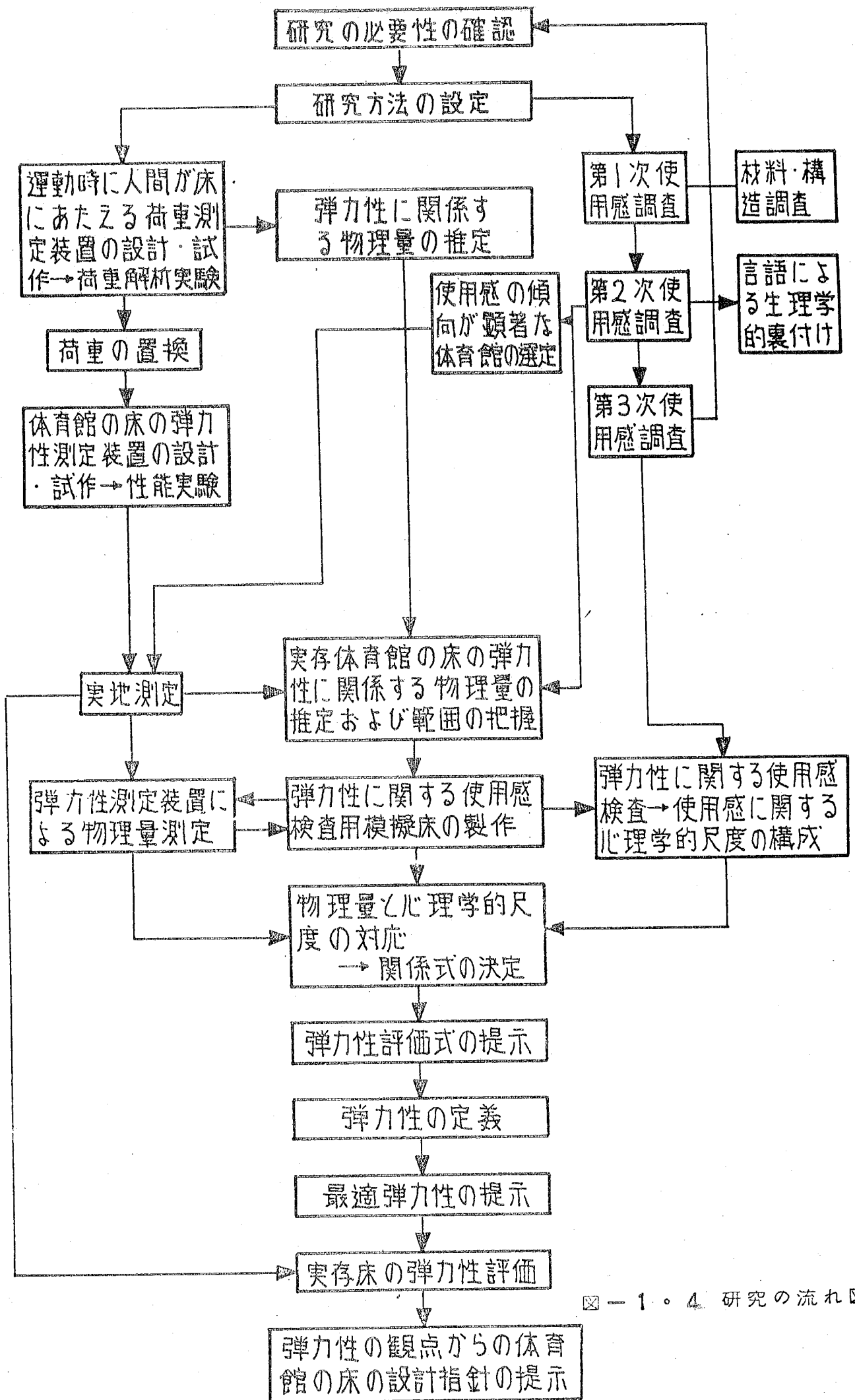


図 1. 4 研究の流れ図

適な弾力性を持つ床を開発することは可能であると考ええる。

第2章 体育館の床の使用感に関する調査

概 要

運動競技選手が体育館の床の弾力性およびすべりに関して差異を感じているか、また、感じているとすればどの体育館の床が感じ方が顕著かを知ることをおもな目的として、関東大学学生、バドミントン、バスケットボール、バレーボール、ハンドボール、各1,2部リーグの正選手男女計920名に対してアンケート調査を行った。その結果ほとんどすべての運動競技選手が体育館の床の弾力性およびすべりに関して使用感上の差異を感じていること、弾力性およびすべり具合が悪い場合、運動競技選手は心理的・生理的に多大な影響を受けていることなどの知見を得るとともに、弾力性およびすべりに関して使用感上の良否の傾向が顕著な床をもついくつかの体育館を抽出した。

第1節 目的

体育館の床に対する使用感についての比判や意見をよく耳にするが具体的に調査された例がない。本研究の出発点において使用感の実状を概括的に把握しておくことは必要不可欠である。

本章ではつぎの8点を目的として体育館の床の使用感に関する調査を行なう。

1. 運動競技選手が体育館の床の弾力性の差異をどの程度感知しているかを知る。
2. 弾力性の良い床，悪い床をもつ体育館を知る。
3. 不適切な弾力性から生ずる障害の概要を知る。
4. 運動競技選手が体育館の床のすべりの差異をどの程度感知しているかを知る。
5. すべり具合の良い床，悪い床をもつ体育館を知る。
6. 不適切なすべり具合から生ずる障害の概要を知る。
7. 弾力性，すべり以外に体育館の床の使用感に影響をあたえる床の要因を知る。
8. 体育館において床以外に運動競技選手の使用感に影響をあたえる要因を知る。

1., 2., 3. は本研究に直接関係する項目である。このうち1., 3. は本研究の必要性を裏付ける資料とするものであり，2. は弾力性に関する実地測定を行なう際，測定対象体育館を選定するための資料とするものである。

4., 5., 6. は並行して研究を進めているすべりに関する資料を得るものであり，7., 8. は弾力性，すべり以外で運動競技選手の使用感に影響を与える要因を床にかぎらず体育館全般にわたって抽出し，体育館設計資料として参考にするものである。

なお，本章の使用感調査においては使用感の概要を得るに

とでめ、使用感の数量化まではもくろまない。

1. ~ 8.と同じ内容の調査には本章で述べるほか、昭和40年、宮城県高等学校体育連盟、バドミントン・バスケットボール体操3競技種目の上位ランキング選手、男女計118名に対するアンケート調査¹⁰⁾、昭和47年、全鐘紡バレーボールチーム選手14名に対する面接調査、および、おりにふれさまざまな種目の運動競技選手に対して行つた調査がある。

第2節 調査方法

2.2.1 調査手法

使用感を調査する手法としてはつぎのふたつが考えられる。

1.実存する体育館の床を試料、運動競技選手を検査員として使用感に関する検査を行なう。

2.運動競技選手の使用感の記憶をアンケート調査あるいは面接調査によつて求める。

1.の手法が適切な手法であると考えられるが

- 時間・費用・検査員の確保などに困難な点が多い。
- 弾力性・すべりを左右する床の物理量が現段階では明確でないため、結果を有効に生かすことができない可能性がある。

● 調査のおもな目的が使用感の概要を得ること、および、使用感の良否の程度から概括的に体育館を分類することにある。

などの理由から2.の手法を採用することとした。

なお、数多くの運動競技選手から情報を得られるように、具体的には運動競技選手へのアンケート調査によることとした。

2.2.2 調査対象競技種目、競技選手、および体育館の選定

室内競技種目のなかで、弾力性・すべりが競技選手の使用感にあたる影響が大きい競技種目は、上下左右の運動動作が激しい競技種目と考えられることから、調査対象に該当する競技種目として、バドミントン、バスケットボール、バレーボール、ハンドボールの4競技種目を選定した。

また、対象競技選手としては、記憶をもとに調査するので記憶が新しいこと、数多くの体育館を使用する機会が多いこと、使用感上の感受性が高いことが必要と思われたため、これらの条件を満足する対象競技選手として、昭和45年度各種目関東大学学生1部および2部リーグにおいて活躍している大学各クラブの正選手10名、総計920名を選定した。

つぎに対象体育館に関しては、各種目の大学学生連盟において体育館の使用状況を調査した結果、種目、リーグ、男女により使用する体育館が試合の都度異なっていることが判明したので調査対象体育館は指定せず、競技選手ごとに使用経験のあるすべての体育館とした。

2.2.3 調査内容および調査期間

アンケート調査の質問事項はつぎのとおりである。

- a). あなたがこれまで使用したことがある体育館の床の弾力性に関して
- かたすぎる^{*}と感じた体育館名
 - ちょうどよいと感じた体育館名
 - やわらかすぎる^{*}と感じた体育館名
 - 上記各項において感じたが何処か忘れた場合は○印をおつけ下さい。
 - 弾力性に関して特に差異を感じたことがない場合は×印をおつけ下さい。
- } をお書き下さい。
- b). あなたがこれまで使用したことがある体育館の床のす

べりに関して

- すべりすぎると感じた体育館名
 - ちょうどよいと感じた体育館名
 - すべらなさすぎると感じた体育館名
- を お書き下さい。
- 上記各項目において感じたが何処か忘れた場合は○印をおつけ下さい。
 - すべりに関して特に差異を感じたことがない場合は×印をおつけ下さい。

c). その他、床あるいは床以外でも使用感上お気付の点をお書き下さい。

＊運動競技選手は弾力性を一般に“かたい”，“やわらかい”と表現するのでこのことばを使用した。

a), b)より弾力性・すべりに関して使用感上の差異を感じているかどうかわかると同時に，感じている場合，使用感の良い体育館，悪い体育館を抽出することができ，また，c)より弾力性，すべりが運動競技選手にあたえる影響，および，弾力性，すべり以外で床あるいは体育館全体としての使用感に影響をあたえる要因を抽出できる。

以上の内容のアンケート用紙を依頼書とともに各大学の主務宛に郵送し，返答を郵送で受けることとした。

調査期間は昭和45年10月17日から昭和45年12月20日である。

第3節 調査結果および考察

2.3.1 回答状況

表一2・1 にアンケート配布数と回答数および回答率を示した。

総回答率が38.2%と低いのは，調査期間が各種目の試合の期間と重なったことと，直接選手に会わずに郵送による回収

方式を採用したためと考えられるが，総回答数が352あるので，本調査の目的を達成するには充分と考える。

2.3.2 弾力性に関する調査結果および考察

1). 弾力性の差異の感知

表一2.2 に弾力性に関して×印，つまり，弾力性の差異を感じたことがないと回答した数および全回答数に対する割合を示した。全体で6.8%の運動競技選手が弾力性の差異を感じていない結果になるが，この割合は非常にすくなくほとんどすべての運動競技選手が弾力性の差異を感知していると判断できる。競技種目別に考察するとハンドボールに×印の数が多いが，回答数がすくないので明確な考察はできない。また，男子にくらべ女子に×印の数が多いが，運動動作そのものが男子にくらべ激しくなりことからこのような結果が出ているものと推察する。

2). 弾力性の良否による体育館の分類

弾力性の3段階に対し，記入された体育館の総数は108である。表一2.3は記入者が20人以上の体育館を抜き出した結果である。(千代田生命体育館は20人以下であるが，やわらかすぎるという結果が顕著に出た例である。)

これから，全般的に塗床はかたすぎると判断されていること，多少の差はあるが木造床はちょうどよいあるいはやわらかすぎると判断されていること，判断がばらついている体育館があること，かたさ・やわらかさの判断に関して競技種目および性別による顕著な差はないことがわかる。

また，概略ではあるが

弾力性のよい床をもつ体育館として

目黒区体育館，代々木第二体育館，駒沢室内競技場，学習院大学体育館，青山学院大学体育館

かたすぎる床をもつ体育館として

表-2.1 アンケートの回答状況

競技種目	男 子				女 子				回答数計	総回答数	総回答率 (%)
	校 数	アンケート用紙		回 答 率 (%)	校 数	アンケート用紙		回 答 率 (%)			
		配 布 数	回 答 数			配 布 数	回 答 数				
バドミントン	12	120	43	35.8	11	110	52	47.2	95	352	38.2
バスケットボール	12	120	52	43.3	12	120	52	43.3	104		
バレーボール	12	120	41	34.1	12	120	57	47.5	98		
ハンドボール	16	160	18	11.2	5	50	37	74.0	55		

表-2.2 弾力性に関するX印の表

競技種目	性別	回答数	弾力性	
			X印数	割合(%)
バドミントン	男	43	0	0
	女	52	1	1.9
バスケットボール	男	52	2	3.8
	女	52	5	9.6
バレーボール	男	41	1	2.4
	女	57	8	14.0
ハンドボール	男	18	2	11.1
	女	37	5	13.5
合 計		352	24	6.8

表-2.4 すべりに関するX印の表

競技種目	性別	回答数	すべり	
			X印数	割合(%)
バドミントン	男	43	2	4.6
	女	52	2	3.8
バスケットボール	男	52	2	3.8
	女	52	2	3.8
バレーボール	男	41	0	0
	女	57	9	15.7
ハンドボール	男	18	0	0
	女	37	5	13.5
合 計		352	22	6.2

表-2.3 弾力性に関する使用感からの体育館の分類

体 育 館 名	記入者、総数	かたすぎる								ちょうどよい								やわらかすぎる								床 種 類			
		トバ ン ミ ン		トバ ス ミ ン		トバ ス ミ ン		トバ ス ミ ン		計	トバ ン ミ ン		トバ ス ミ ン		トバ ス ミ ン		トバ ス ミ ン		計	トバ ン ミ ン		トバ ス ミ ン		トバ ス ミ ン			計		
		男	女	男	女	男	女	男	女		男	女	男	女	男	女	男	女		男	女	男	女	男	女			男	女
世 田 谷 区 体 育 館	86	38	38			6				82		2			2				4									0	塗 床
東 京 都 体 育 館	74	2	1	1	1	18	18	9		50				1	4	6	2		23					1			1		〃
目 黒 区 体 育 館	69	1	1			1				3	20	38		4	3	1			66								0		木 造 床
代 々 木 オ ニ 体 育 館	57					1				1	1	23	8	15					56								0		〃
駒 沢 聖 内 球 技 場	54						2		2	4					22	2	13	12	49						1		1		〃
駒 沢 レ ス リ ン グ 会 場	51	5	1	12		2	3	9	11	43				2		4		1	7						1		1		塗 床
駒 沢 大 学 体 育 館	37					13	8		1	22					3	10			13					2			2		〃
早 稲 田 大 学 体 育 館	28	1				5	1			7	6				1	4	3		14	1		1		2	2	1	7		木 造 床
学 習 院 大 学 体 育 館	24			2			2			4			8	3		8			19			1					1		〃
青 山 学 院 大 学 体 育 館	23									0	4	8		8	1				21					1	1		2		〃
太 田 区 体 育 館	22	3	1	9	2	4	2			21	1								1								0		塗 床
東 京 教 育 大 学 体 育 館	20			1	1		3			5			2	1	4	1		1	9					1	4	1	6		木 造 床
千 代 田 生 命 体 育 館	7									0				1					1					6			6		〃

(人)

世田谷区体育館，東京都体育館，駒沢レスリング会場，
太田区体育館

やわらかすぎる床をもつ体育館として

千代田生命体育館

が抽出できる。

3) 弾力性の不適切から生ずる障害

弾力性が不適切なために生ずる障害として具体的に述べられたことを列記するとつぎのようである。

- かたすぎると転倒した時にけがをする。
- ボールのバウンドが悪いため競技しにくい。
- 肉体的な苦痛が大きい。(打身がひどい，アキレス腱・足・腰・ひざ・ふくらはぎ・かかと・足首が痛くなる)
- 長時間競技すると疲れる。
- 瞬発力が出ない。

これらに関しては任意に記入させたので数量化することはいできないが，弾力性が不適切な床は心理的・生理的に運動競技選手に多大な苦痛をあたえているのがわかる。

2.3.3 すべりに関する調査結果および考察

1) すべりの差異の感知

表-2.4にすべりに関して×印，つまり，すべりの差異を感じたことがないと回答した数および全回答数に対する割合を示した。全体で6.2%の運動競技選手がすべりの差異を感じていない結果になるが，この割合は非常にすくなく，ほとんどすべての運動競技選手がすべりの差異を感知していると判断できる。また，男子にくらべ女子に×印の数が多いが，運動動作そのものが男子にくらべ激しくないことからこのような結果が出ていると推察する。

2) すべりの良否による体育館の分類

すべりの3段階に対し記入された体育館の総数は98である。

表-2.5 すべりに関する使用感からの体育館の分類

体育館名	記入者総数	すべりすぎる								ちょうどよい								すべりなさすぎる								床 種 類				
		トバドミ ン		トバス ケツ		バレー ボ		ハンド ボ		計	トバドミ ン		トバス ケツ		バレー ボ		ハンド ボ		計	トバドミ ン		トバス ケツ		バレー ボ			ハンド ボ		計	
		男	女	男	女	男	女	男	女		男	女	男	女	男	女	男	女		男	女	男	女	男	女		男	女		男
代々木オニ体育館	53			1	1					2		1	35	14					50					1					1	木造床
目黒区体育館	47	1	2		1	2				6	17	21		1	1				40		1								1	〃
駒沢室内球技場	42					4		2		6				1	8	4	8	14	35						1				1	〃
世田谷区体育館	34	4	2			1	1			8	4	1			4	1			10	6	10								16	塗床
東京都体育館	34	1	1			3	10	3		18					4	3			7					7	2				9	〃
駒沢レスリング会場	26		2	4	1	2	1	1	2	13			1		1	3	1	3	9			1			1	1	1		4	〃
学習院大学体育館	23				3		1			4			6	4		8			18						1				1	木造床
早稲田大学体育館	23	2		2				1		5	6					5	2		13					4		1			5	〃
佼成学園体育館	22			2	13					15			1	6					7										0	〃
東京女子体育大学体育館	22		2		3	10		1	16						4		1	5								1	1		〃	
駒沢大学体育館	20						1			1				9	5				14					2	2		1	5	塗床	
東京教育大学体育館	20				1					1			2	1		3			6				2	11				13	木造床	

(人)

表-2.5は記入者が20人以上の体育館を抜き出した結果である。これから、すべりの判断に関して競技種目・性別による顕著な差はないこと、木造床と塗床との間にも明確な差異は認められず弾力性とはことなり床表面の性状が大きな影響をおよぼしていることが推察できる。

また、概略ではあるが

すべり具合の良い床をもつ体育館として

代々木第二体育館，目黒区体育館，駒沢室内競技場，学習院大学体育館，早稲田大学体育館，駒沢大学体育館

すべりすぎる床をもつ体育館として

東京都体育館，佼成学園体育館，東京女子体育大学体育館
すべらなさすぎる床をもつ体育館として

世田谷区体育館，東京教育大学体育館
が抽出できる。

3) すべり具合の不適切から生ずる障害

すべり具合が不適切なために生ずる障害として具体的に述べられたことを列記するとつぎのようである。

- すべりすぎると動きにくく動作がにぶくなり転倒などの事故が多くなる。
- すべらなさすぎると足首・ひざ・腰に負担がかかり，ねんざなどの障害を起こしやすい。
- その日の天候・清掃の度合などによりすべり具合が異なるので調整に苦労する。
- 汗で床が部分的にすべりやすくなるのは危険である。

これらに関しては任意に記入させたので数量化することはできないが，弾力性と同じように，すべり具合が不適切な床は心理的・生理的に運動競技選手に多大な苦痛をあたえていることがわかる

2.3.4 その他諸事項に関する調査結果および考察

弾力性・すべり以外に体育館の使用感を左右する要因があげられた。おもな内容はつぎのようである。

- 床の凹凸に関して

木造床，塗床とも凹凸のある床は，競技中ひつかりによるぬんざなどの傷害を起しやすく，恐怖感から自由な運動動作ができない。

- 内装表面の色に関して

床の色は落ち着いた色で，ボール・羽球・コートラインとよく対比できる色が良い。ピカピカ光つたり，あまり明るい色あるいはつめたい感じの色は競技しにくい。壁の色に2色以上使用しているのはチラチラして競技しにくい。

- 採光・照明に関して

直接照明はボール・羽球が光源内に入るとまぶしく競技しにくい。窓のグレアはボール・羽球を見失なうことが多く競技しにくい。

- 塗床は腰をおろしたときに冷える。

- 天井が高すぎると競技しにくい。

- 観客席がフロアーに近接していると落ち着かない。

これらのことは運動競技選手の心理・生理に多大な影響をあたえていると考えられ，体育館の設計に当っては充分考慮されなければならないことと考える。

第4節 結論

本章の結論はつぎのようである。

1. 体育館の床の弾力性・すべりに関し，競技種目・性別にかかわらず，ほとんどの運動競技選手はその差異を感知している。

2. 弾力性・すべりは運動競技選手の心理・生理に多大な

影響をおよぼしている。

3. 使用頻度の高い体育館のなかで、弾力性・すべりに関して使用感の傾向が明確な体育館を抽出できた。

4. 弾力性・すべり以外に体育館の使用感を左右する要因を数多く抽出できた。

第3章 運動時に人間が床にあたる荷重の解析

概 要

体育館の床の弾力性とは、運動競技者が体育館の床上で運動する時の床の動的変形挙動がその基本になるという前提から、体育館の床の動的変形挙動を測定する時に必要な荷重条件を求めることをおもな目的として、人間が運動時に床にあたる荷重を実験的に解析した。

支持間隔を変化させることにより曲げ剛性を5種類に変化できる単純支持形式の模擬床、跳躍高さ測定装置、動歪計、電磁オシログラフよりなる荷重測定装置を設計・試作し、運動能力のすぐれていると見られる被験者12名を用いて、2～3歩の助走→垂直跳び→片足着地なる代表的運動動作時に被験者が模擬床にあたる荷重を模擬床裏面に貼布した抵抗線歪ゲージからの歪を媒体として測定した。その結果被験者が模擬床にあたる最大鉛直荷重は被験者ごとに模擬床の剛性にかかわらずほぼ同じ値であること、初期高速度荷重および荷重速度は模擬床の剛性、被験者が跳躍時に保持する位置エネルギーに比例して大きくなること、初期高速度荷重の作用時間は模擬床の剛性、被験者にかかわらずほぼ一定であることなどの知見を得るとともに体育館の床の動的変形挙動を究明するために必要な荷重条件を得ることができた。

また、被験者が模擬床のかたさの差を感知するという感覚的事実を模擬床の変形エネルギーを媒体として論じ、模擬床の剛性が高いほど被験者は短時間内に跳躍時に保持する位置エネルギーのより多くを吸収しなければならないことを実証し、人間が運動時に感じる床のかたさを左右する物理量として、床の変形エネルギーが有力であることを究明した。

第1節 目的

体育館の床の弾力性の定義は本章の段階では明確でないが人間が運動時に床にあたえる外力に対応する床の動的変形拳動が弾力性の基本になることはいうまでもない。

床の動的変形拳動を解析するには，人間が運動時に床にあたえる荷重の性状が明確でなければならぬが，このことに関する資料が皆無である。

以上の観点から本章の目的をつぎの2点におく。

1. 運動時に人間が床にあたえる荷重の諸性状を把握するとともに，床の動的変形拳動を測定するために必要な荷重条件を得る。

2. 人間が弾力性を感知する何らかの物理的根拠を床の動的変形拳動から抽出する。

第2節 解析方法

3.2.1 既往の研究における解析方法

一般建築物床の硬さ・すべり・摩耗などの研究において，人間が歩行時に床にあたえる荷重を実験的に解析した例が2・3みうけられ，その概要はつぎのようである。

- F.C Harper 氏は，床のすべり・摩耗などを究明する時に必要な，歩行時に人間が床にあたえる外力を，試作した三方向荷重計を用いて実験的に解析している。接地面積は，透明な硝子板上を歩行させ裏面より写真撮影して求めている。¹¹⁾

- 吉岡丹博士は，床仕上材料の摩耗性状を究明する時に必要な，歩行時に人間が床にあたえる外力を，試作した一方向荷重計を用いて実験的に解析している。また，歩行の機構をストロボ撮影により求めている。¹²⁾

- そのほか，今泉勝吉博士，胡占星博士も F.C Harper 氏と同様の手法で解析している。^{13), 7)}

これらの研究に共通していることは、

- 人間が接地している部分の荷重板が一定の剛性をもつもので荷重板の剛性が変化した時の荷重性状の変化までは解析していない。

- 動作が定常的でかつあまり激しくないとみなすことのできる歩行動作である。

の2点である。そのためか、それぞれの研究結果の間の本質に大きな差異はなく互いに結果の妥当性は証明されていると考えられる。

3.2.2 本研究における解析方法

荷重体としての人体が複雑で、かつ、動作がある程度定常的である歩行と異なり、運動競技時の動作は多種・多様であることから、理論的な追求はせず、実験的に解析することとした。

実験解析にあたっての留意点はつぎのとおりである。

- 運動競技時の動作は多種・多様なので、運動動作としては弾力性を感じやすい代表的動作に限定する。

- 弾力性という観点から、対象とする人間が床にあたえる荷重および床の変形は鉛直方向のものに限定する。(以後単に荷重・変形と呼ぶ)

- 接地面積は荷重と同時に測定することが困難と考えられるので、別途に求める。

- 床の剛性の差異による荷重性状の変化、および、弾力性に関連するなんらかの床の物理量を推定するために着地面の剛性を変化させる。

- 着地面の剛性は実存する体育館の床の剛性に近似させる。

第3節 実験装置

3.3.1 実験装置の概要

実験装置は、図-3-1、写真-3-1に示したように、模擬床(イ)、跳躍高さ測定装置(ロ)、助走台(ハ)、動歪計(ニ)、および、電磁オシログラフ(ホ)から構成されている。

3.3.2 模擬床

1) 設計・試作

被験者が定められた動作で着地する模擬床は、動作が不自然にならないよう安心して着地できる大きさが必要であるが、予備実験を行った結果、 $300^{\text{mm}} \times 300^{\text{mm}}$ 程度の大きさがあれば充分なことが判明した。

また、実存する体育館の床の剛性を知るためつぎのような予備実験を行った。

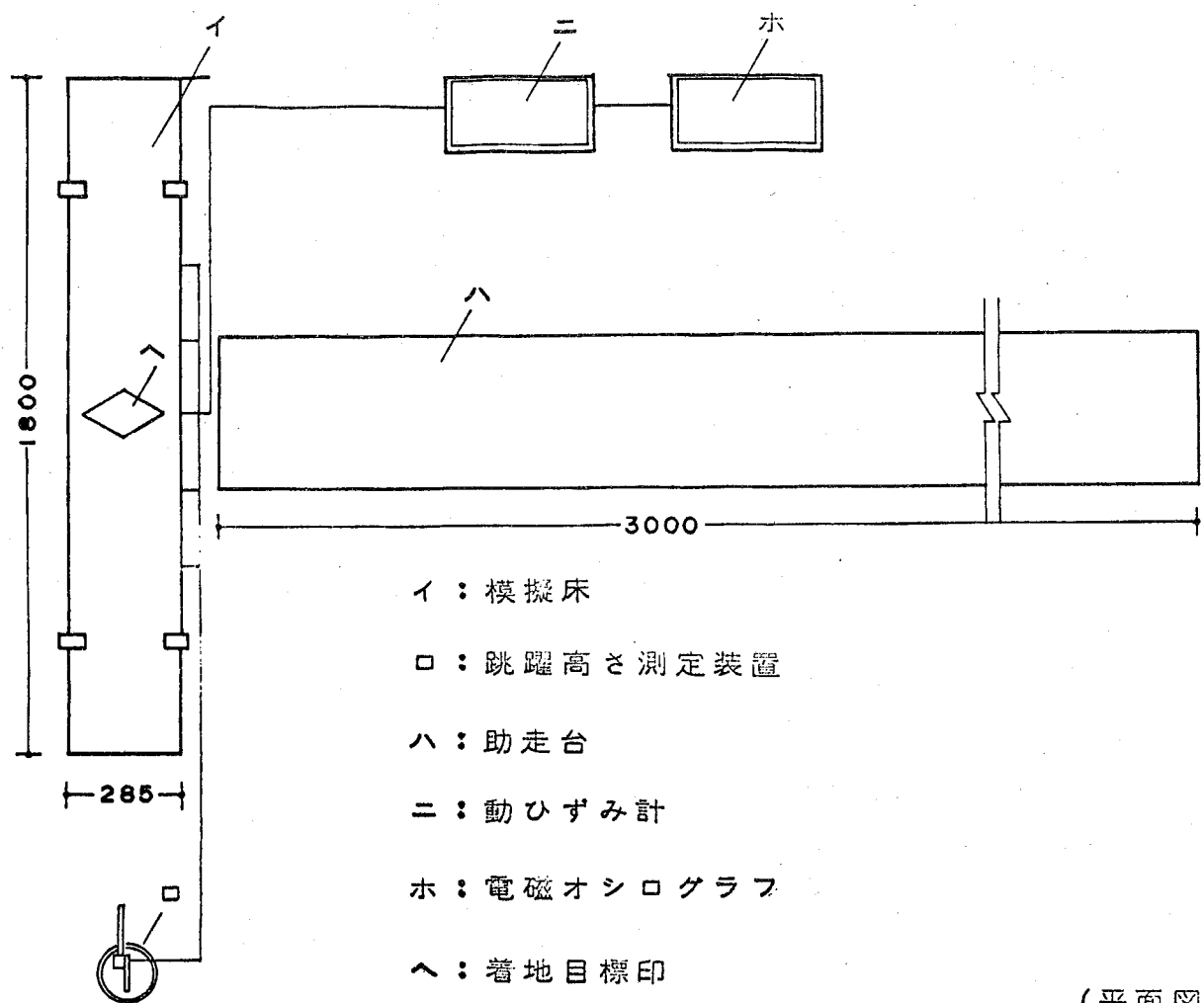
昭和40年度宮城県高等学校体育連盟、バドミントン、バスケットボール、体操競技の上位ランキング選手、男女計118名に対する体育館の床の使用感に関するアンケート調査の結果⁹⁾、弾力性に関する使用感が良好と判断された東北大学中央体育館において、直径 480^{mm} 、厚さ 50^{mm} 、重量約 20^{kg} のコンクリート製円形重錘を順次静的に載荷しながら、全荷重量が約 310^{kg} までの静荷重下における床の荷重-変形の関係求めた。なお荷重板は直径 50^{mm} の円板で、床の変形の測定は精度 $1/100^{\text{mm}}$ のダイヤルゲージで行った。

図-3-2に実験結果を示した。Aは使用頻度の高いフロアの中央部分、Bは使用頻度の低いフロアの隅の部分における測定点の荷重-変形の関係を示している。

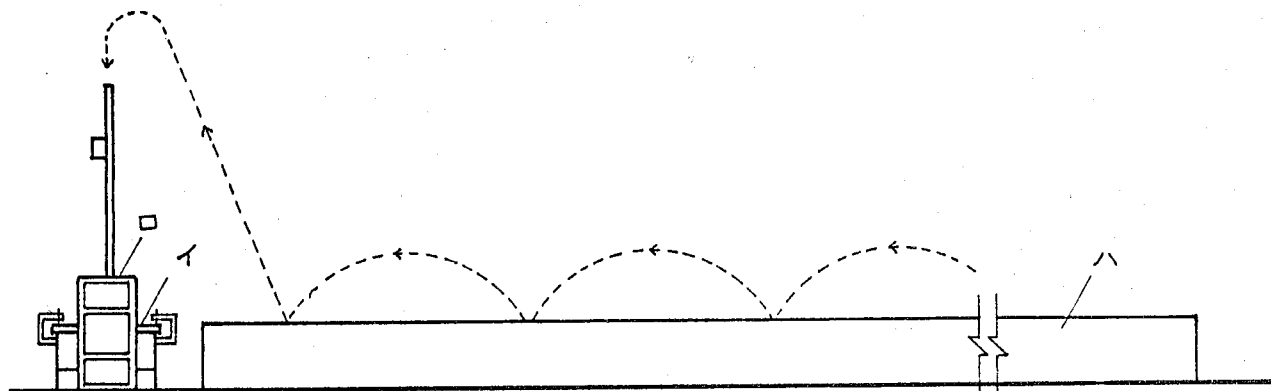
以上ふたつの基礎資料をもとに模擬床を設計・試作した。

模擬床の形状は図-3-3に示すとおりで、 $285^{\text{mm}} \times 1800^{\text{mm}} \times 12^{\text{mm}}$ の長方形鋼板(SS41)を単純支持した単純支持梁形式の床である。模擬床の剛性は支持間隔を変化させて所定の値に設定することができる。

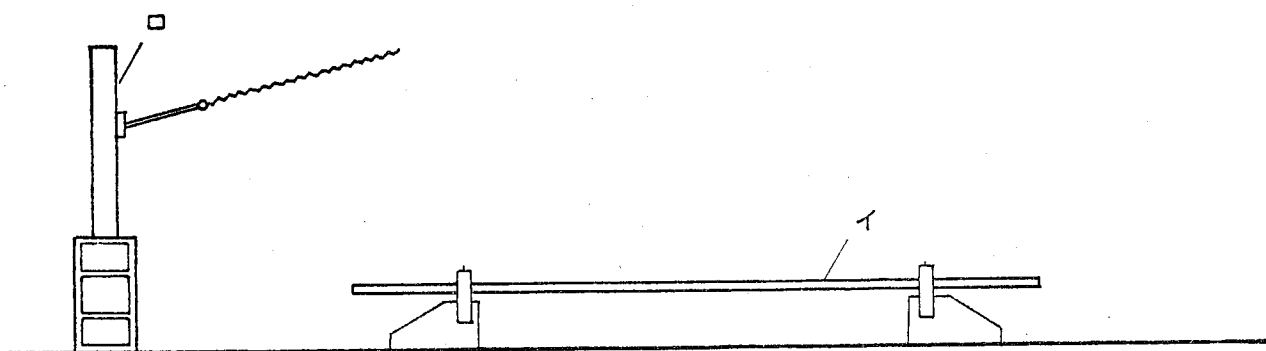
本実験においては5種類(a~e)の支持間隔を設定した。



(平面図)

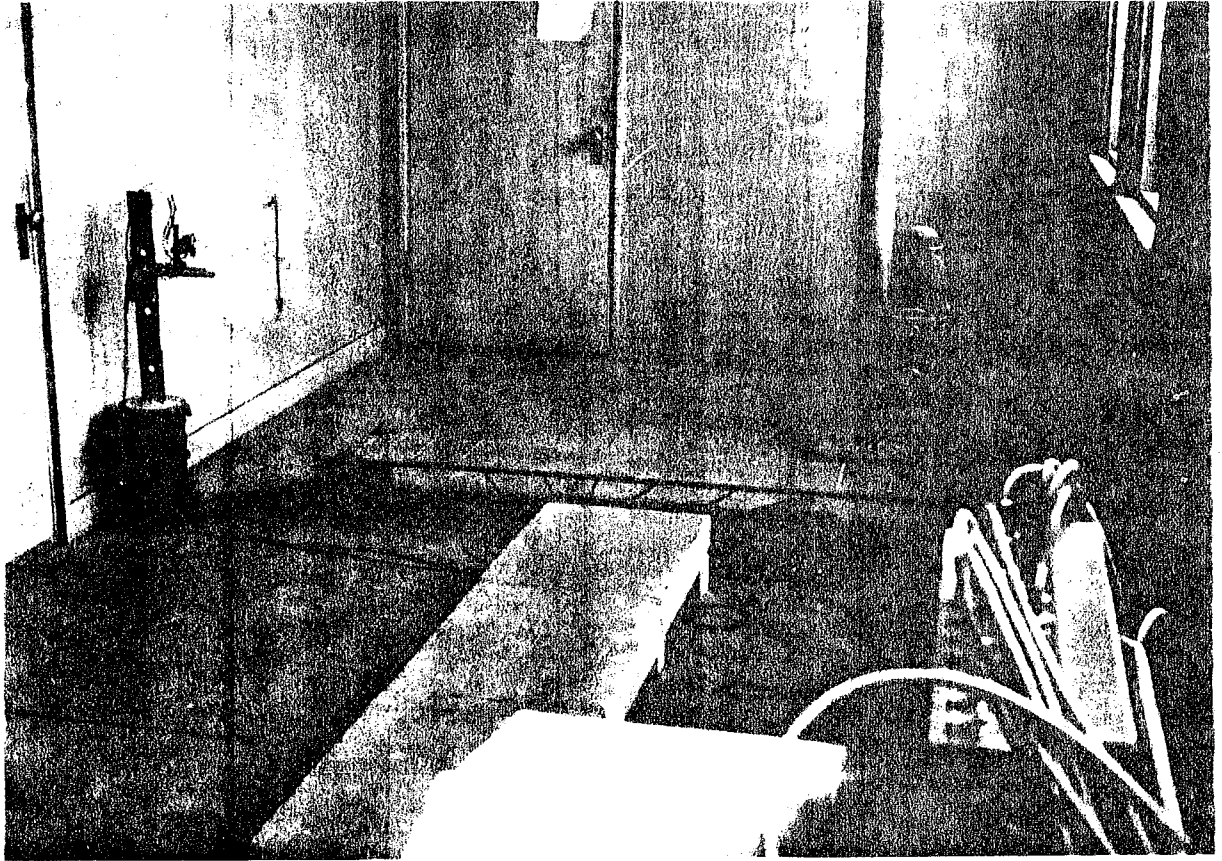


(立面図)



(立面図)

図-3・1 実験装置の概要



写真一 3・1 実験装置

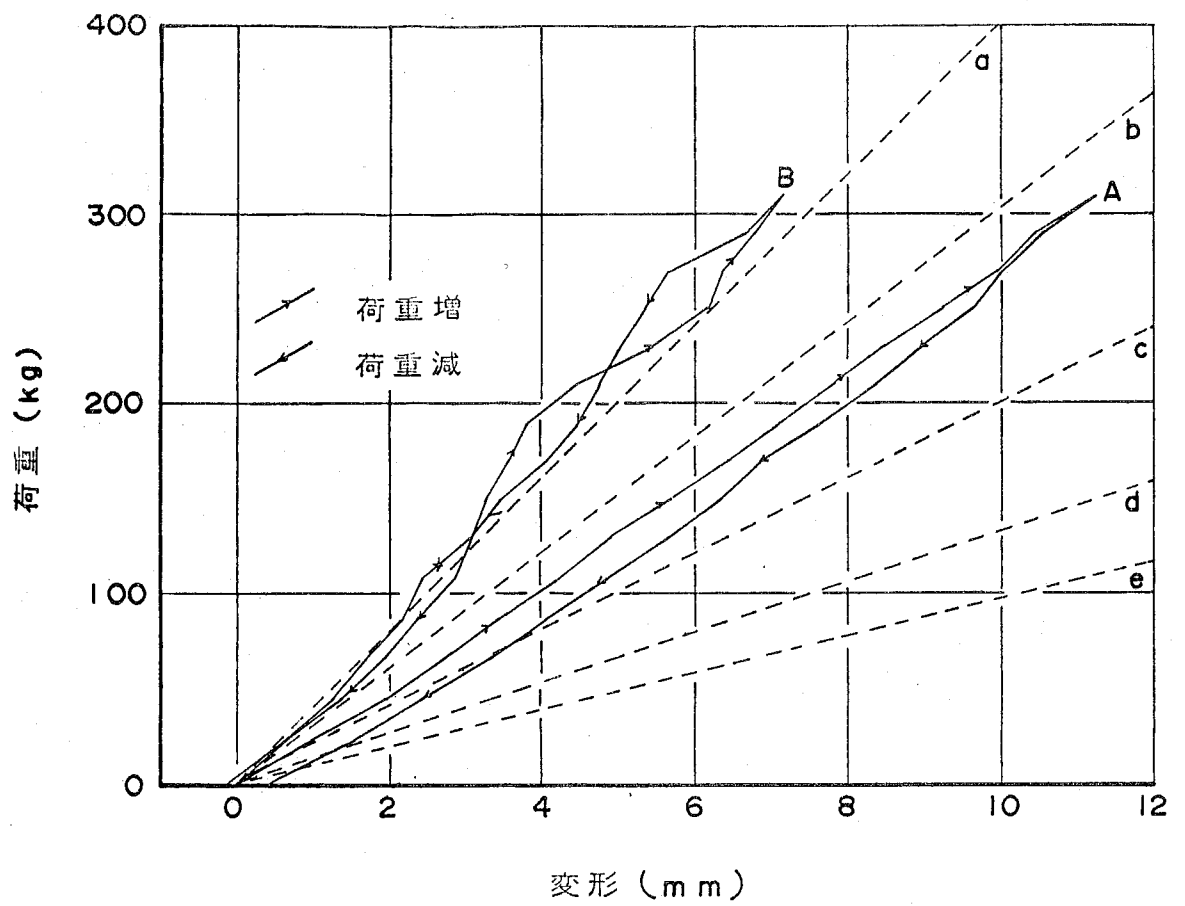


図-3・2 東北大学中央体育館床および
模擬床の荷重-変形の関係

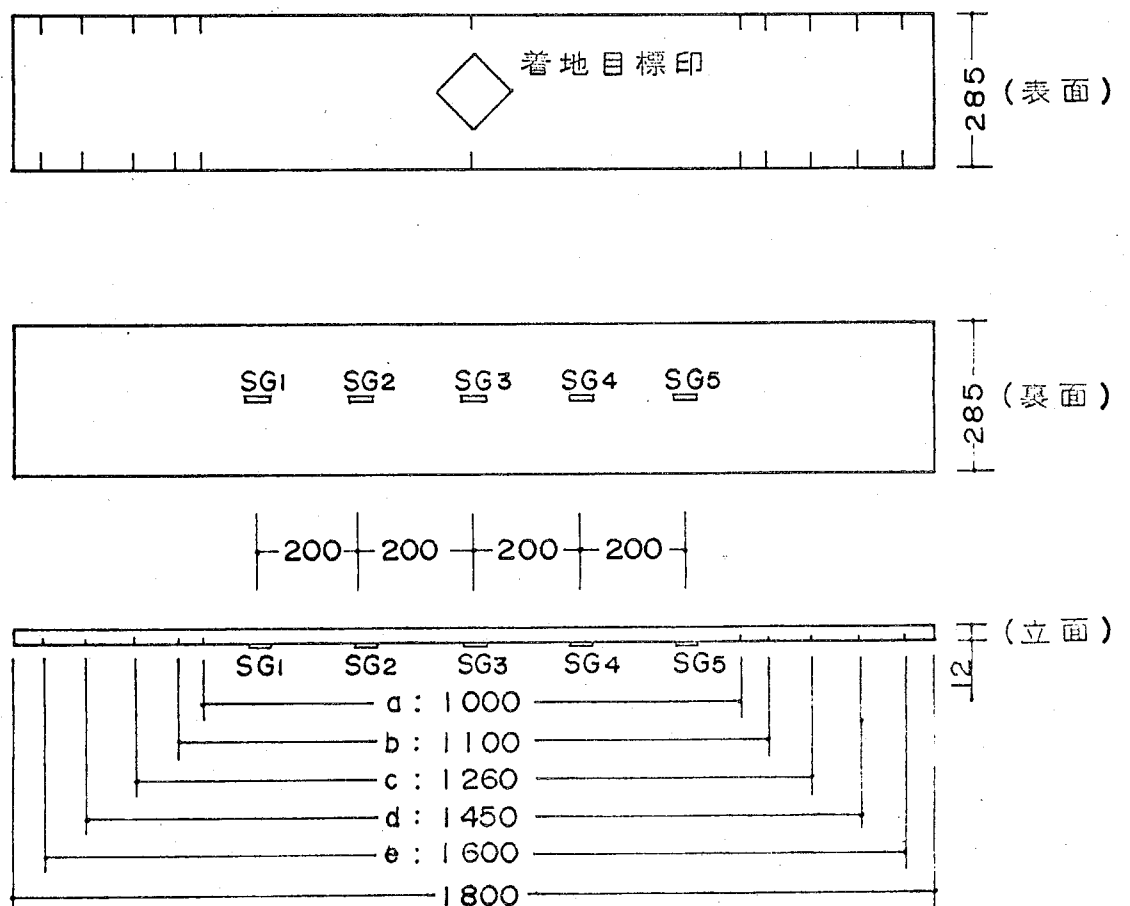
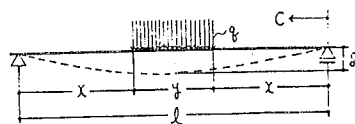


図-3・3 模擬床の詳細

(以後、各々の支持間隔の模擬床を模擬床a～模擬床cと呼ぶ)。各々の模擬床の荷重—変形の関係は図—3.2の点線のとおりで、荷重—変形の関係は1次の比例関係にあつて表—3.1の各式で表わされ、実存する体育館の床の剛性と模擬床の剛性が近似していることがわかる。なお、模擬床の荷重—変形の測定は東北大学中央体育館の床の測定の場合と同じ条件で行つた。

2) 模擬床に作用する荷重および模擬床の変形の測定方法
 模擬床に作用する荷重は、図—3.3のごとく模擬床中央裏面に貼布した抵抗線歪ゲージSG₃で模擬床裏面中央の歪 ϵ_3 を測定し、歪と荷重の較正值から算出する。

歪と荷重の較正は模擬床中央における静荷重載荷試験で行つた。この場合荷重面積が問題となるが、いま模擬床を図の単純支持梁とみなし、一定の荷重が作用した時の変形量 δ を計算すると下式のようになり、



$$\delta = 2 \int_{x=0}^{x=l/2} \frac{q \cdot c \cdot dc (3l^2 - 4c^2)}{48 E I_z}$$

$$= \frac{q}{48 E I_z} \left(\frac{5}{8} l^4 - 3a^2 l^2 + 2a^4 \right)$$

E : 梁材の弾性係数

I_z : 梁断面の断面二次モーメント

たとえば、 $l=1000^{mm}$ の場合、全荷重量を P とすると、

$$y = 0^{mm} \text{の時} \quad \delta = 1.00 \times (Pl^3 / 48 E I_z)$$

$$y = 50^{mm} \text{の時} \quad \delta = 0.99 \times (Pl^3 / 48 E I_z)$$

$$y = 100^{mm} \text{の時} \quad \delta = 0.98 \times (Pl^3 / 48 E I_z)$$

となつて、本実験における荷重面積の変化の範囲では、模擬床の変形および歪にあたえる荷重面積の影響がごく微小と考えられたので1)と同様に直径 50^{mm} の円をもつて荷重面積とした。

また、動荷重下と静荷重下における模擬床の変形形状の差異の観察は、図—3.3に示したごとく、模擬床裏面中央から 20^{cm}

表一 3・1 模擬床の荷重—変形の関係

模 擬 床	支 持 間 隔 m m	$P_b(\text{kg})$ — $\delta b(\text{cm})$
a	1000	$P_b = 403 \times \delta b$
b	1100	$P_b = 303 \times \delta b$
c	1260	$P_b = 201 \times \delta b$
d	1450	$P_b = 132 \times \delta b$
e	1600	$P_b = 98 \times \delta b$

表一 3・2 模擬床の荷重—ひずみの関係および
 ϵ_1/ϵ_3 , ϵ_5/ϵ_3 , ϵ_2/ϵ_3 , ϵ_4/ϵ_3 の値

模 擬 床	支 持 間 隔 m m	$P_b(\text{kg})$ — ϵ_3	$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_3}, \frac{\epsilon_4}{\epsilon_3}$	$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_3}, \frac{\epsilon_5}{\epsilon_3}$
a	1000	$P_b = 0.579 \times 10 \times \epsilon_3$	0.56	0.19
b	1100	$P_b = 0.488 \times 10 \times \epsilon_3$	0.59	0.26
c	1260	$P_b = 0.436 \times 10 \times \epsilon_3$	0.64	0.34
d	1450	$P_b = 0.387 \times 10 \times \epsilon_3$	0.69	0.42
e	1600	$P_b = 0.356 \times 10 \times \epsilon_3$	0.72	0.47

間隔に貼布した4枚の抵抗線歪ゲージ, SG_1, SG_2, SG_4, SG_5 で模擬床裏面の歪, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_4, \varepsilon_5$ と ε_3 と同時に測定し, ε_3 との比 $\varepsilon_1/\varepsilon_3, \varepsilon_2/\varepsilon_3, \varepsilon_4/\varepsilon_3, \varepsilon_5/\varepsilon_3$ の大きさを比較することにより行なうこととした。

静荷重載荷時の各々の模擬床の荷重(P_b)と模擬床裏面中央の歪(ε_3)の関係, および, $\varepsilon_1/\varepsilon_3, \varepsilon_2/\varepsilon_3, \varepsilon_4/\varepsilon_3, \varepsilon_5/\varepsilon_3$ の値は表-3.2のとおりである。

なお, 模擬床の変形は表-3.1の較正值を用いて算出する。

3.3.3 跳躍高さ測定装置

被験者の動作の程度を数量的に把握するため, 図-3.4, 写真-3.2に示した跳躍高さ測定装置を設計・試作した。

板ばねに緊結されているゴムばねを被験者の腰のベルトに固定する。(写真-3.3) 被験者が上下すると板ばねの端部が上下し板ばねに歪を生ずる。板ばねに貼布した抵抗線歪ゲージ SG_h で板ばねの歪 ε_h を測定し, ε_h と跳躍高さの較正值から被験者の跳躍高さを求めるものである。

測定時の板ばねの初期傾斜 θ を一定にするために, 各被験者の腰高に応じて支持磁石を上下し板ばねの初期傾斜 θ をいづれの被験者の場合も同じ値に調節できるように工夫されている。また, 被験者の前後左右方向の動きにより, 板ばねがねじれて複雑な歪が生じないように板ばねは前後左右方向の動きに対してはなめらかな回転軸に支持させ, 上下方向の変形による歪だけを検出できるよう工夫されている。

跳躍高さ(h)と板ばねの歪(ε_h)の関係は, 測定時点における被験者の前後左右方向へのずれおよび腰巾の差を考慮し, 支持台と被験者が踏み切る位置との距離(L)を基準距離110^{cm}とし, 加えるに $\pm 15^{\text{cm}}$ の場合の較正を行って求めた。結果は図-3.5のとおりで, 基準距離からのずれを $\pm 15^{\text{cm}}$ としても, 検出される跳躍高さの差は大きくても $\pm 2^{\text{cm}}$ 程度にすること

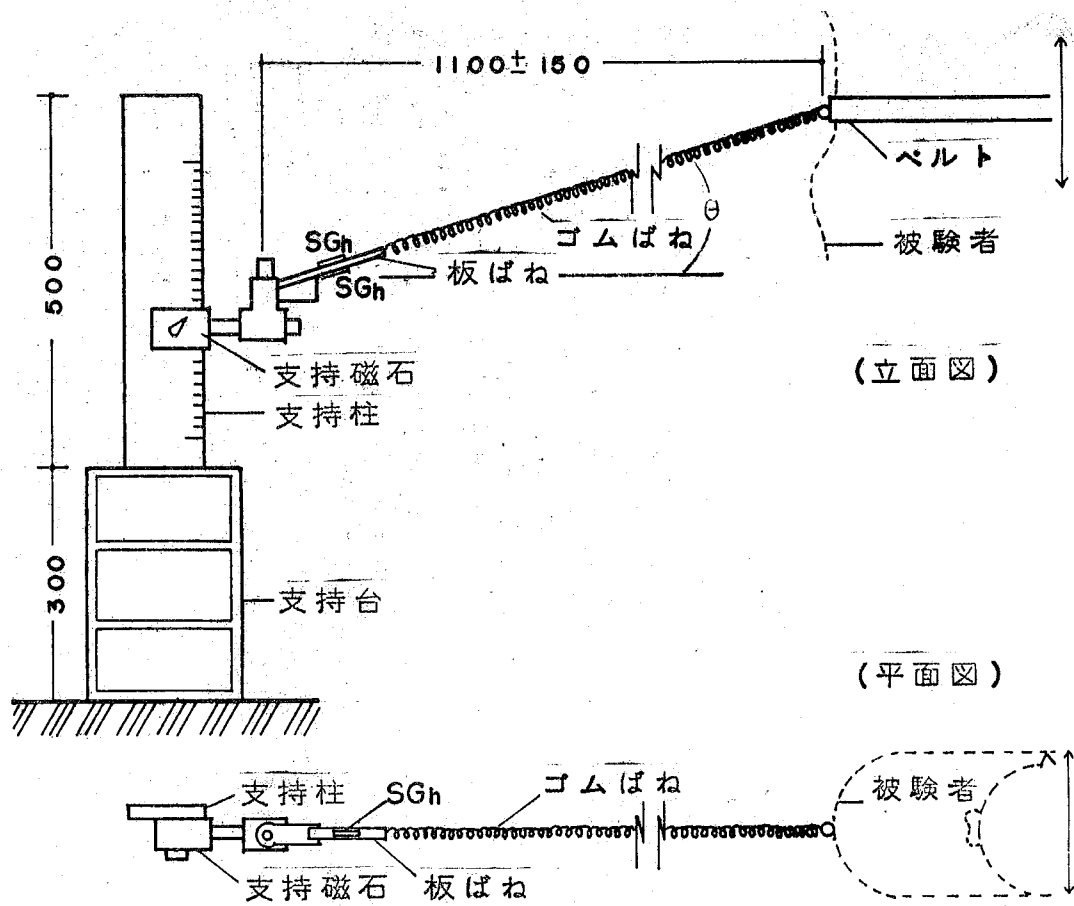


図-3・4 跳躍高さ測定装置の詳細

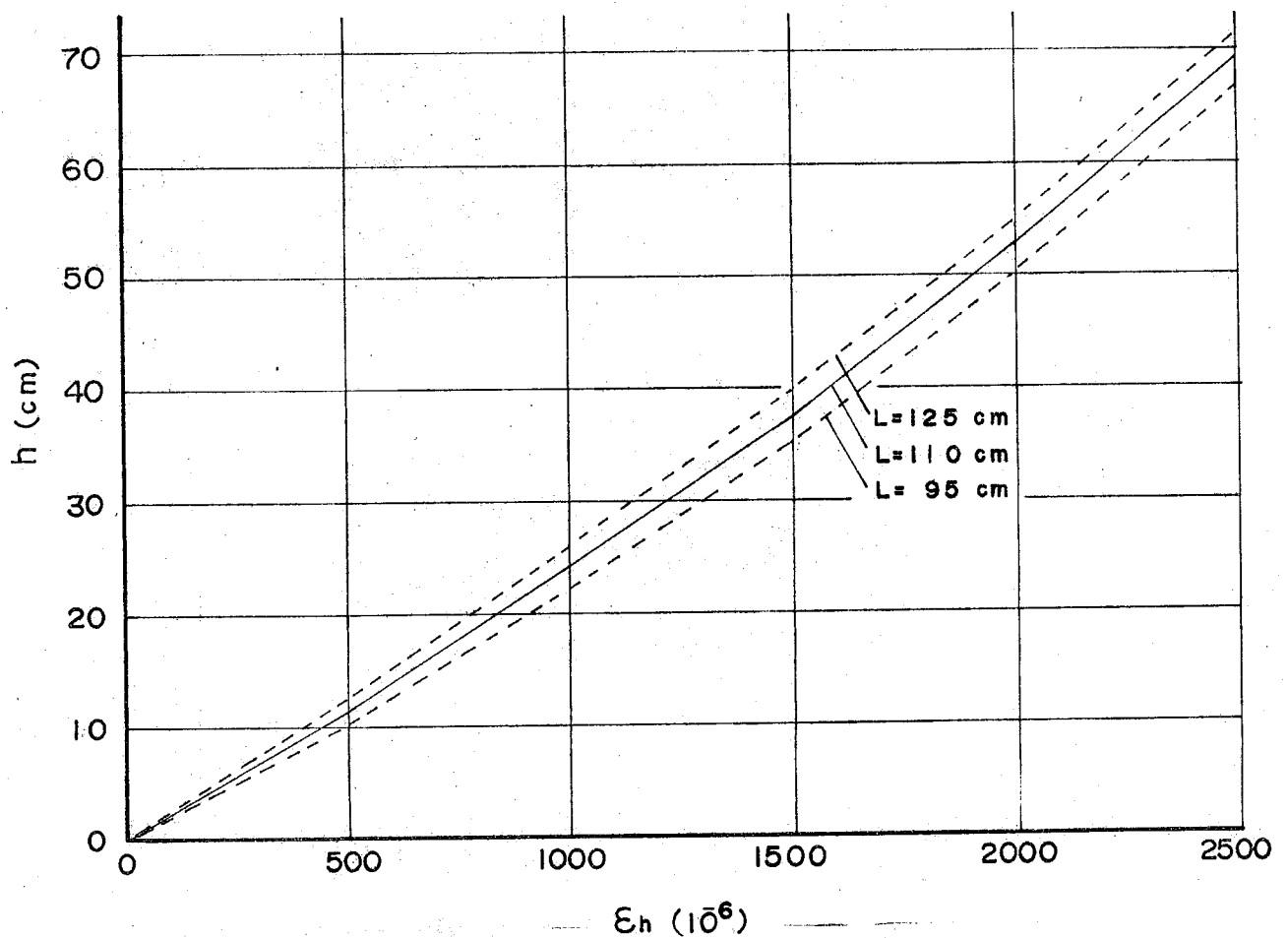


図-3・5 跳躍高さと板ばねのひずみの関係



写真一 3・2 跳躍高さ測定装置



写真一 3・3 実験状況

ができ，本研究の目的からすると有意な差ではないとみなされるので，較正值としては $L=110^{cm}$ の場合の値を使用することとした。

第4節 被験者の選定および動作の限定

被験者として，実験の性格上，運動能力がすぐれているとみなすことのできる男子8名，女子4名，計12名を選定した。

各被験者の身長・体重は表-3.3のとおりである。

実験時の運動動作は体育館の床の弾力性を感知できる動作で，かつ，すべての運動競技種目に共通していること，および再現性があり安定度が高いこと，という条件から，図-3.1に点線で示したような足部の軌跡をもつ

2～3歩の助走 → 垂直跳び
→ 片足着地

なる動作を採用することとした。

また，履物による差が生じないように，すべての被験者に，履物は同種のアップシューズ，くつ下も同種のテニスソックスを着用させることとした。

表-3.3 被験者一覧

被験者 NO	性	身長 (cm)	体重 (kg)
1	男	168	54.1
2	〃	165	54.5
3	〃	163	58.5
4	〃	166	60.4
5	〃	164	64.0
6	〃	172	68.5
7	〃	178	69.5
8	〃	173	70.7
9	女	149	45.8
10	〃	152	50.2
11	〃	158	56.8
12	〃	157	58.3

第5節 実験方法および実験経過

被験者の腰に装着したベルトに跳躍高さ測定装置からのゴムばねを固定し，スタート合図とともに助走台の上を助走させたのち，被験者の最大能力をもつて垂直跳びを行わせ，模擬床中央の着地目標印に片足で着地させた。着地後の動作は，不自然にならないように各被験者ごとに自由とした。

スタートの合図とともに動歪計，電磁オシログラフを始動

し、跳躍高さ測定装置の板ばねの歪および模擬床裏面の歪を動的に同時測定した。

実験回数は、各被験者につき、ひとつの模擬床について5回、5個の模擬床があるので計25回である。

また、電磁オシログラフのチャートスピードは 25 cm/sec 、タイミング標示は 0.01 sec である。

第6節 実験結果

12名の被験者、5個の模擬床、各組み合わせにつき5回の実験を行ない、計300の電磁オシログラムを得た。

実験時に被験者に対し、模擬床の支持間隔の変化によるかたさの差を感知したかどうか質問した結果、全被験者から、着地した瞬間に明確に感知したとの返答を得た。

3.6.1 歪—時間曲線

実験の結果得られた電磁オシログラムのなかから典型的な例を図-36に示した。縦軸は模擬床裏面の歪 ($\varepsilon_1 \sim \varepsilon_5$)、および、跳躍高さ測定装置の板ばねの歪 (ε_h)、横軸は時間を表わしている。

t_0 は被験者が跳躍して模擬床に着地した時点を示し、 t_1 、 t_2 、 t_3 は t_0 以後の歪—時間曲線において3つの山(第1の山、第2の山、第3の山)が生じる時点を示している。

ε_i, t_j は時間 t_j ($j=1 \sim 3$) における模擬床裏面の個所 i ($i=1 \sim 5$) の歪を意味している。

時間 t_1 における第1の山は非常にわずかで、かつ、すべての場合に生じるわけではなく、剛性が高い模擬床の場合により多く生じている。

時間 t_2 における第2の山までは、 t_1 における第1の山が非常に小さいので、概括的にみれば、歪が時間に関し直線的に増加しているとみなせる。

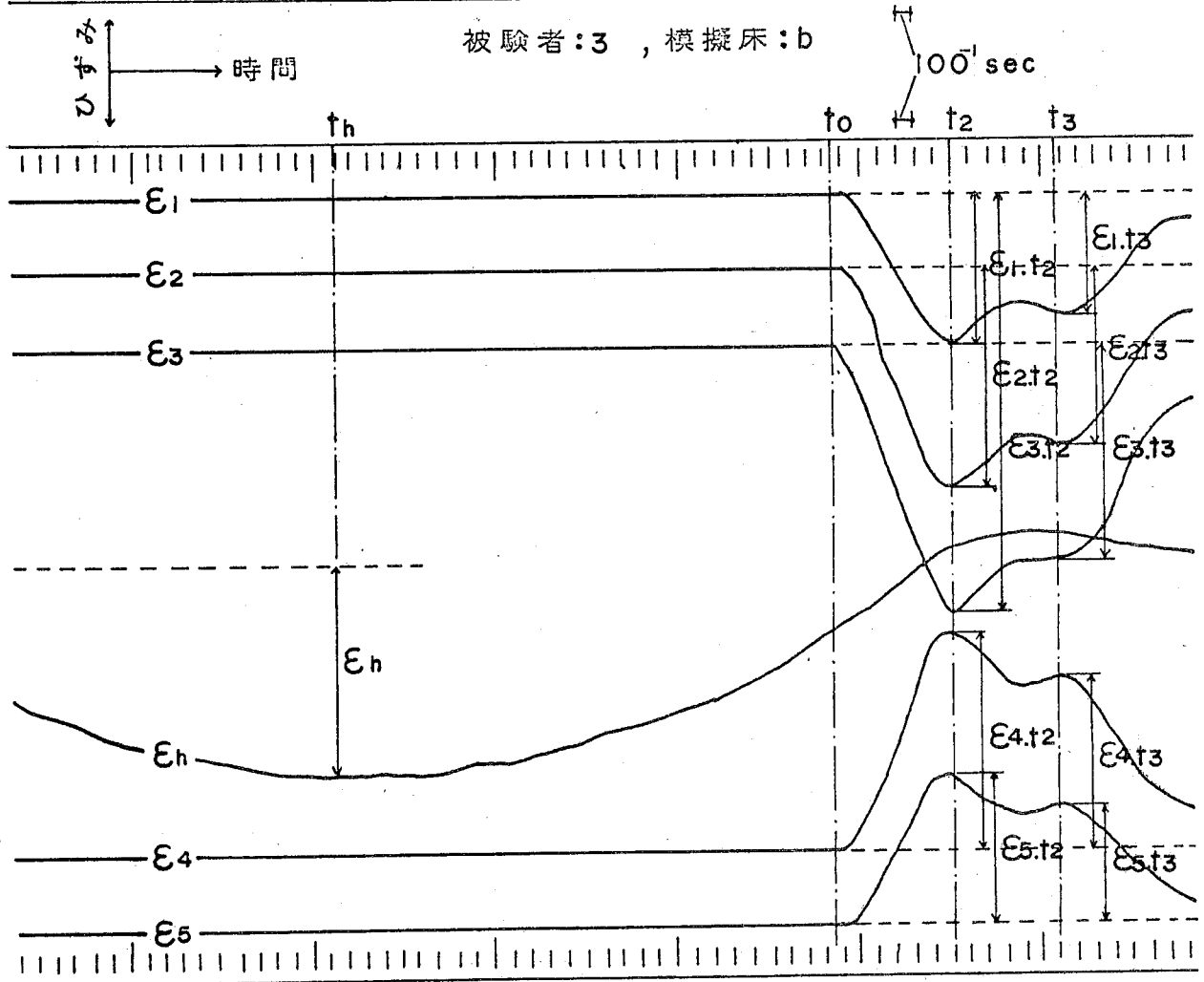
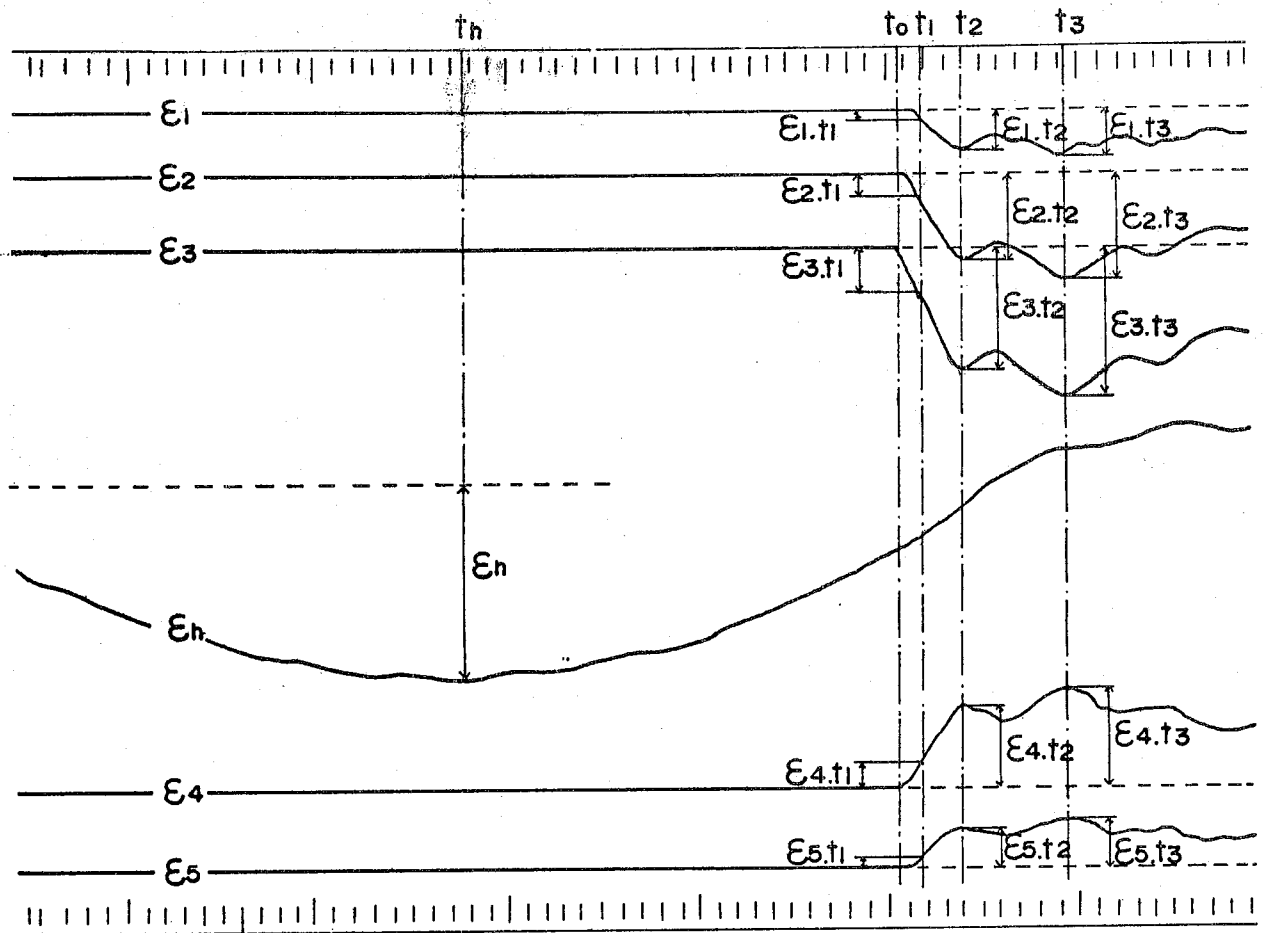


図-3・6 電磁オシログラムの例

時間 t_3 における第3の山はすべての場合に生じているわけではなく、剛性の小さい模擬床の場合はほとんど認められないほどのものであり、その歪 ϵ_{i,t_3} も必ずしも ϵ_{i,t_2} より大ではなく小なる場合もある。

均質な物体を模擬床に落下させた場合の歪—時間曲線には歪が最大に達した時の山がひとつだけしか出ないと考えられるが、人体の場合は上記のようにひとつ以上の山が出ている。これは人体が複雑な接合部の集合であることに起因しているものであり、着地時の荷重の作用機構が非常に複雑であることを示唆している。

時間 t_3 以後の歪—時間曲線の形状は、着地後の動作を自由にさせたので、被験者ごとに大きく異なり画一的に論ずることはできない。

跳躍高さ測定装置の板ばねの歪 ϵ_h はなめらかな二次曲線を描いており、被験者の上昇—下降の動作の状態をよく表わしているといえる。 ϵ_h が基準線（図中に点線で表わしている）より上方に出ているのは、被験者が着地に際して下半身を縮める姿勢を行つたためと考える。また、時間 t_h において ϵ_h が最大値を示しており、この時点で被験者が最高位に達したとみることができ、 $t_0 - t_h$ は被験者が最高位に達してから着地するまでに要する時間とみなせる。

3.6.2 模擬床に作用する荷重および模擬床の変形の算出に関する前提

静荷重下における模擬床の変形形状と被験者による動荷重下におけるそれとを比較するため、すべての被験者および模擬床の場合の $\epsilon_{i,t_j} / \epsilon_{3,t_j}$ ($i=1,2,3,4$ $j=1,2,3$) を算出した。表—3.4はその一例で、被験者NO.6、時間 t_2 の値である。

これから、静荷重下における ϵ_i / ϵ_3 と動荷重下における ϵ_i / ϵ_3 との間に多少の差が認められ、模擬床の撓曲線の形状が

表 - 3 ・ 4 $\epsilon_{Lt2}/\epsilon_{3.t2}$ の例(被 験 者 NO.6 , 時 間 t_2)

模 擬 床	荷 重	$\frac{\epsilon_{2.t2}}{\epsilon_{3.t2}}$	$\frac{\epsilon_{4.t2}}{\epsilon_{3.t2}}$	$\frac{\epsilon_{1.t2}}{\epsilon_{3.t2}}$	$\frac{\epsilon_{5.t2}}{\epsilon_{3.t2}}$
a	静 荷 重	0.56		0.19	
	動 荷 重	0.58	0.68	0.25	0.25
		0.61	0.67	0.25	0.27
		0.62	0.64	0.27	0.21
		0.63	0.68	0.25	0.26
		0.68	0.67	0.28	0.24
b	静 荷 重	0.59		0.26	
	動 荷 重	0.69	0.57	0.26	0.25
		0.59	0.67	0.24	0.27
		0.61	0.64	0.27	0.28
		0.63	0.72	0.25	0.28
		0.57	0.68	0.21	0.28
c	静 荷 重	0.64		0.34	
	動 荷 重	0.71	0.68	0.38	0.37
		0.69	0.69	0.38	0.39
		0.72	0.72	0.38	0.39
		0.69	0.69	0.36	0.36
		0.70	0.71	0.39	0.38
d	静 荷 重	0.69		0.42	
	動 荷 重	0.71	0.74	0.45	0.48
		0.69	0.75	0.45	0.49
		0.72	0.74	0.48	0.47
		0.74	0.76	0.48	0.50
		0.73	0.73	0.47	0.46
e	静 荷 重	0.72		0.47	
	動 荷 重	0.80	0.80	0.56	0.56
		0.77	0.78	0.53	0.52
		0.77	0.77	0.53	0.52
		0.77	0.75	0.53	0.52
		0.77	0.78	0.53	0.52

多少ことなつてゐるのがわかる。この原因としては、被験者の着地点が完全に模擬床の中央でないこと、動荷重下においては模擬床の質量による抵抗があること、などが考えられる。

このため厳密には、静荷重下における較正值を用いて算出された荷重および変形は真の値と多少の差を生じることになるが、その差は微小とみなされるので、本研究の目的の範囲内ではさしつかえないと考える。

また、このようにして算出される荷重は、模擬床および被験者の慣性などを考慮したものではないので、模擬床に同じ変形を生じさせるのに必要な静荷重の値として理解するべきであり、模擬床と被験者との間に実際に作用する荷重とは多少性質の異なるものである。

3.6.3 模擬床に作用する荷重および模擬床の変形の算出

3.6.2の前提にしたがつて、得られた電磁オシログラフより、模擬床に作用する荷重および模擬床の変形を算出した。

結果は考察の項に順次記す。

第7節 考察

3.7.1 被験者の動作および跳躍高さ

実験時の動作は、各被験者ごとにほぼ安定していることが観察された。

表-3.5に跳躍高さの平均値($\bar{h}$)および標準偏差(σ_h)を一覧にした。 $\bar{h}$ は男子の場合 $43^{\text{cm}} \sim 58^{\text{cm}}$ 、女子の場合 $27^{\text{cm}} \sim 35^{\text{cm}}$ で、通常の運動競技時における跳躍高さに近いといえる。

また、この動作で着地した瞬間に各被験者は模擬床の剛性の差を明確に感知している。

これらのことから、本実験における被験者の動作は、弾力性を追求して行く上で充分な動作といえる。

3.7.2 模擬床に作用する荷重の最大値

表-3・5 被験者の跳躍高さ及び模擬床に作用する鉛直荷重の最大値

被 験 者				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
性 別				男	男	男	男	男	男	男	男	女	女	女	女
身 長 (cm)				168	165	163	166	164	172	178	173	149	152	158	157
体 重 (W : kg)				54.1	54.5	58.5	60.4	64.6	68.5	69.5	70.7	45.8	50.2	56.8	58.3
平均跳躍高 ($\bar{h}$: cm)				58.4	43.4	56.5	51.1	45.5	53.0	54.8	50.5	27.6	33.0	33.5	35.7
標 準 偏 差 (σ_h : cm)				2.9	2.7	2.8	4.2	2.5	4.4	4.4	3.0	2.3	3.2	2.7	2.0
Pb.max (kg)	模 擬 床	a	最大値	246	286	351	246	276	305	286	326	188	186	218	282
			平均値	228	248	286	217	226	275	267	281	172	164	195	278
			最小値	208	234	260	188	180	246	246	247	160	147	186	270
		b	最大値	243	224	263	254	246	317	265	305	175	167	194	281
			平均値	219	210	250	221	217	256	229	263	154	158	183	268
			最小値	188	191	241	179	180	224	205	211	142	151	178	249
		c	最大値	269	244	284	240	244	264	266	348	185	184	198	237
			平均値	243	222	264	227	228	249	240	295	162	172	192	220
			最小値	195	205	244	195	215	240	223	253	132	164	184	208
		d	最大値	256	243	278	238	241	273	326	263	180	214	206	231
			平均値	220	212	237	224	229	263	264	239	175	187	184	214
			最小値	199	173	187	204	217	243	206	191	167	145	163	188
		e	最大値	260	219	248	244	242	332	315	300	166	189	205	249
			平均値	238	194	236	238	236	311	304	285	157	184	193	207
			最小値	228	167	224	232	230	296	296	277	147	173	182	177
Pb.max·W ⁻¹			最大値	4.9	5.2	6.0	4.2	4.2	4.8	4.6	4.9	4.1	4.2	3.8	4.8
			平均値	4.2	3.9	4.4	3.7	3.5	3.9	3.7	3.8	3.5	3.4	3.3	4.0
			最小値	3.4	3.0	3.1	2.9	2.7	3.2	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	3.0

表-3.5に模擬床に作用する荷重の最大値 ($P_{b.max}$: $P_{b.t2}$ あるいは $P_{b.t3}$ と同じ) の最大値, 最小値, 平均値 ($\overline{P_{b.max}}$), および被験者の体重 (W) に対する割合の最大値, 最小値, 平均値を示した。

図-3.7は各被験者の $\overline{P_{b.max}}$ と模擬床のばね定数 (K) との関係を示したもので, 図中点線はつぎのことを意味する。

一般に重さ W の理想剛体が高さ H から自由落下して, ばね定数が K なる着地面に衝突するとき, 着地面に作用する最大鉛直荷重 (P_{max}) は

$$P_{max} = \sqrt{2KW(W + \Delta)} \quad (3.1) \quad \Delta: \text{着地面の変形量}$$
 となり, P_{max} は $W(H + \Delta)$ を一定とした場合, $\sqrt{K}$ に比例して増加し, 図-3.7に点線で示した傾向を示す。

表-3.5, 図-3.7からつぎのことが考察できる

- 人間が垂直跳びをして着地する時に床にあたえる最大荷重は, 理想剛体が自由落下した場合にあたえるそれとは傾向を異にし, 動作が一定であれば各人ごとに床の剛性にかかわらずほぼ一定である。これは床の剛性が高くなると人体側で意識的・無意識的に跳躍時に保持する位置エネルギーを吸収するためと考えられ, 意識のある状態の人体を単純な荷重体としては扱えないことを示しており, 荷重体としての人体は非常に複雑な機構を持つているといえる。

- 本実験で採用した動作は体育館の床で行なう動作のうち鉛直方向に関しては一般的にもつとも激しい動作のひとつと考えられることから, 転倒などの特殊の場合を除けば, 体育館の床に常時作用する鉛直荷重は, 大きくても体重の6倍程度, 平均値としては体重の4倍程度とみなしてよい。

図-3.8(1)~(5)に被験者が跳躍時に保持する位置エネルギー ($U_{h.max}$) と, 人体を理想剛体とみなした時に, 式-(3.1)より導びかれる $\hat{P}_{b.max}$ に対する実験値 $P_{b.max}$ の比 $\beta_p = P_{b.max} / \hat{P}_{b.max}$

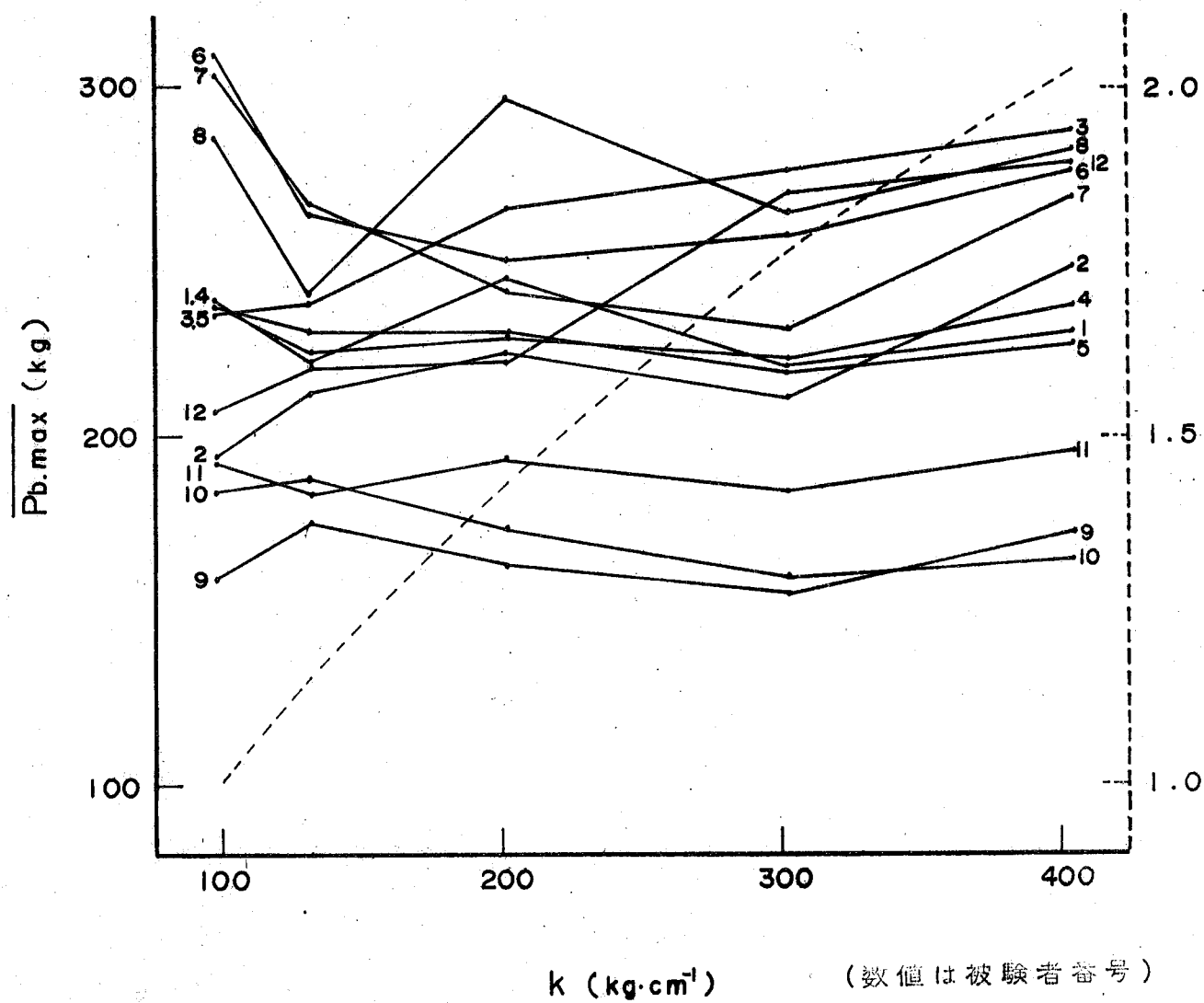
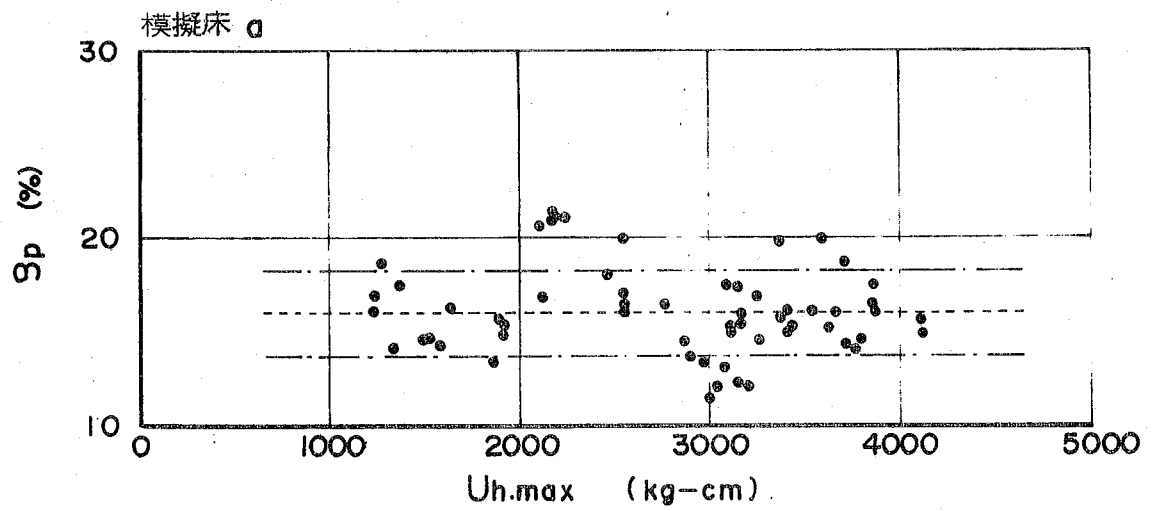
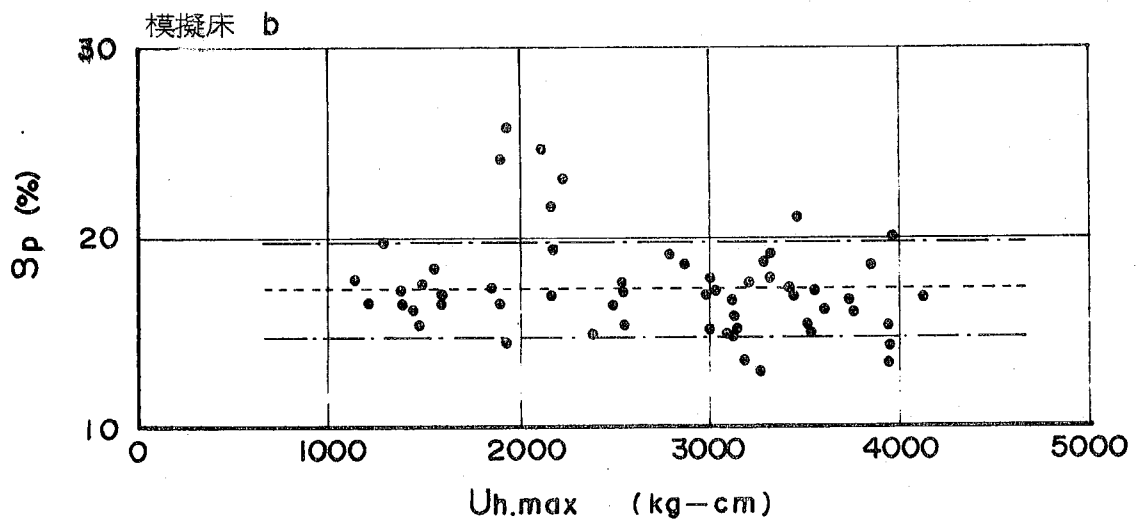


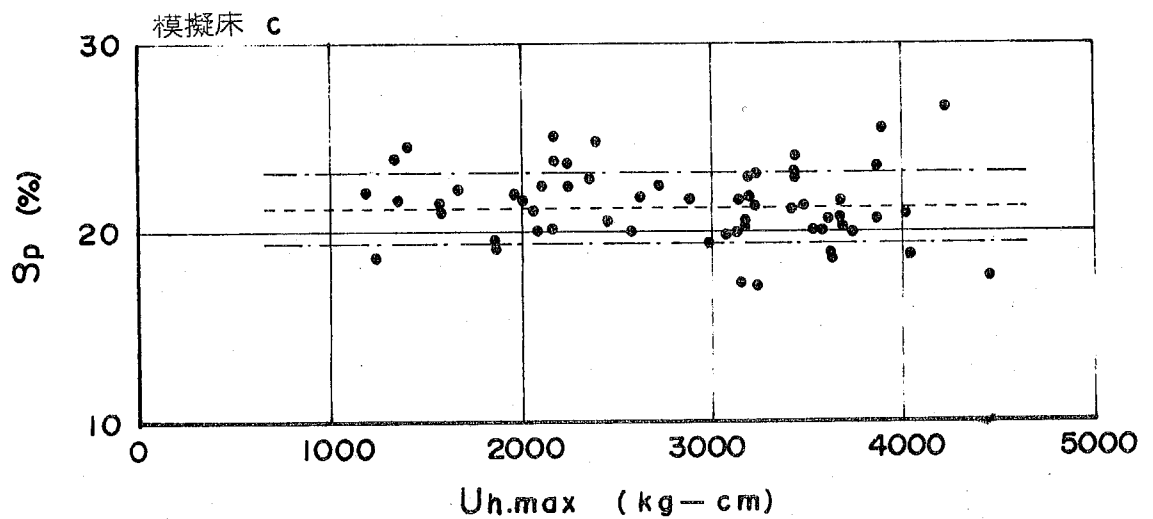
図-3・7 最大鉛直荷重と模擬床のパネ定数の関係



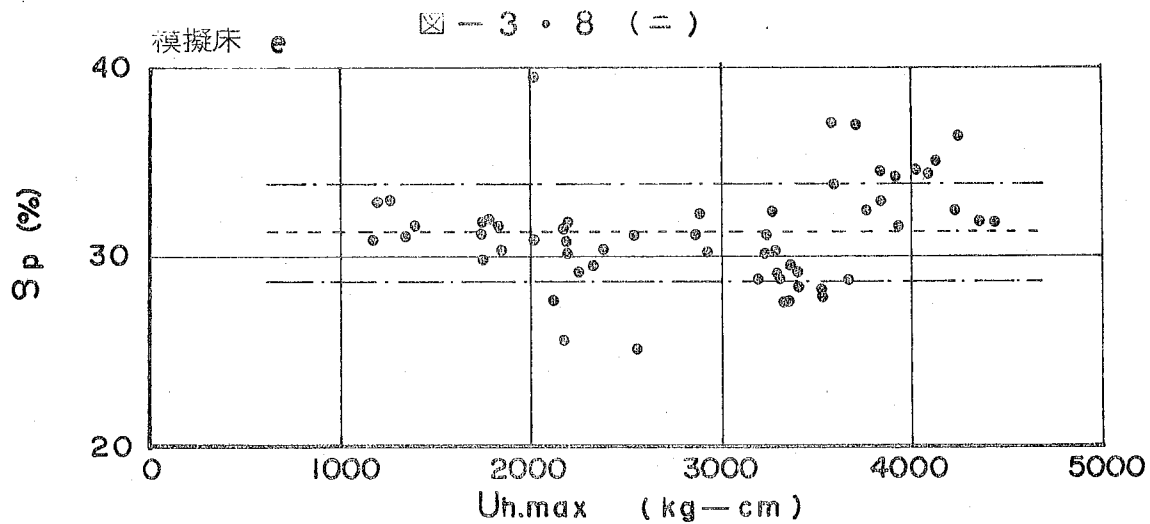
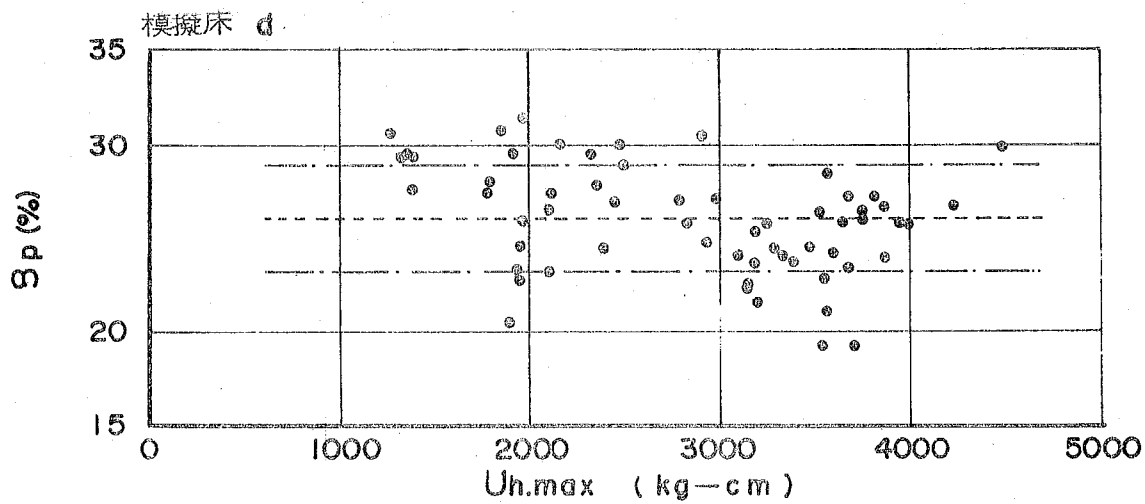
☒ - 3 ・ 8 (イ)



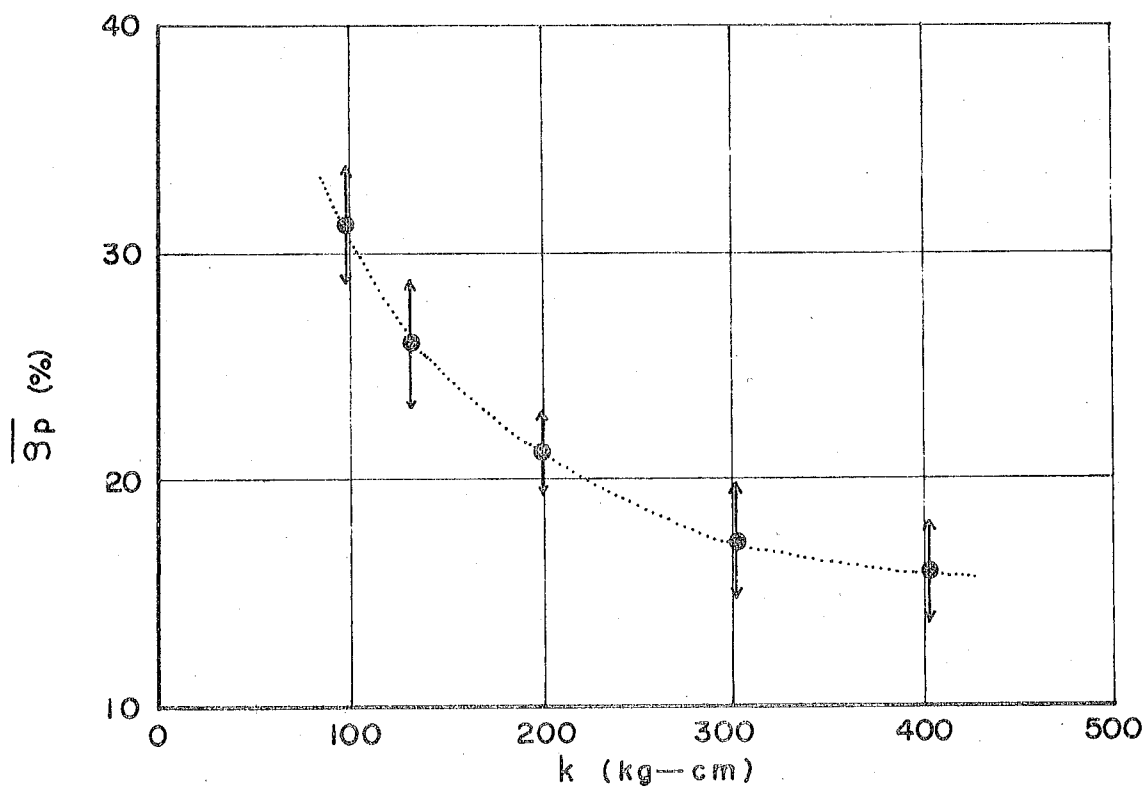
☒ - 3 ・ 8 (ロ)



☒ - 3 ・ 8 (ハ)



☒ — 3・8 (水)



☒ — 3・9

との関係を示した。

ここで

$$U_{h.\max} = W(h + \delta_{b.\max})$$

W : 被験者の体重

$\delta_{b.\max}$: 最大鉛直荷重が作用した時の模擬床の変形量

$\hat{P}_{\max}$: 式-(3.1)において, K に模擬床のばね定数 K , W に被験者の体重 W , H に被験者の跳躍高さ h , Δ に模擬床の最大変形量 $\delta_{b.\max}$ をそれぞれ代入して得られる値

図中, 点線は $\bar{p}_p$ の平均値, 鎖線は標準偏差 $\sigma_{\bar{p}_p}$ を示す。

図-3.9に各模擬床における $\bar{p}_p$ の平均値 ($\bar{p}_p$) および標準偏差 ($\sigma_{\bar{p}_p}$: ↑印) と模擬床のばね定数 K との関係を示した。

図-3.8と図-3.9からつぎのことが考察できる。

● 床の剛性が同じであれば, 被験者の体重・身長・跳躍高さにかかわらず $\bar{p}_p$ はほぼ一定であり, 当然考えられることではあるが, 被験者が跳躍時に保持する位置エネルギーに比例して, 床にあたえる最大荷重が大きくなる。このことから, 床にあたえる鉛直荷重の観点からの垂直跳び → 片足着地の動作の程度は, 被験者の体重・身長・性別とは無関係に, 被験者が跳躍時に保持する位置エネルギーのみで表現できるといえる。また, 体重と跳躍高さと床の剛性がわかれば, $\bar{p}_p$ を用いて床に作用する鉛直荷重の平均的値を推定することもできる。

3.7.3 模擬床に作用する初期高速度荷重

1). 初期高速度荷重の定義

第6節, 図-3.6から明らかとなり, 被験者が模擬床に着地した瞬間から時間 t_2 までの模擬床の変形は, 時間の関数としてみると, 非常に早くかつ直線的に増大している。すなわ

ち、 t_2 までは時間に関し直線的でかつ高速度の鉛直荷重が模擬床に作用しているといえる。

既往の類似の研究においては、このような荷重を衝撃荷重として一元化して把握しているのが多い。^{6), 7)}

一般に衝撃とはつぎのように定義されている。

『短時間に作用する大きな力を撃力といい、その効果は力積(I)、 $I = \int_0^t F \cdot dt$ によつて表わされる。 I は衝撃の作用時間もがじゅうぶん小さい場合においても F ががじゅうぶん大きな値をもつとき有限値をもちうるのであつてその値を衝撃という』

この定義において下線をほどこした部分は量的に不明確な点が多いので、本研究では t_2 までの荷重を、衝撃という取り扱いをせず、高速度荷重として取り扱い、初期高速度荷重と定義する。

初期高速度荷重は時間に関し直線的に増大するので、大きさ($P_b.t_2$)、作用時間(t_2)、および荷重速度($P_b.t_2/t_2$)によつてその性状を把握できる。

なお、実験時に各被験者が模擬床の剛性の差を着地した瞬間に明確に感知しているので、初期高速度荷重部分は被験者が模擬床の剛性の差を感知するという点からより重要な部分と考えられる。

2) 初期高速度荷重の大きさ

表-3-6に模擬床に作用する初期高速度荷重($P_b.t_2$)の最大値、最小値、平均値($\overline{P_b.t_2}$)および被験者の体重に対する割合($P_b.t_2 \cdot W^{-1}$)の最大値、最小値、平均値を示した。

また、図-3-10に各被験者の $\overline{P_b.t_2}$ と模擬床のばね定数(K)との関係を示した。

これらからつぎのことが考察できる。

- ばね定数が $200^{kg}/cm$ 以下になると $\overline{P_b.t_2}$ の急激な増加が

表-3・6 模擬床に作用する初期高速度荷重

被 験 者				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Pb.t ₂ (kg)	模 擬 床	a	最大値	162	188	221	169	195	208	220	245	90	135	154	122	
			平均値	153	175	206	140	173	205	212	223	83	123	132	114	
			最小値	143	169	195	97	154	192	208	203	77	115	122	108	
		b	最大値	171	185	180	156	197	207	222	214	87	119	135	129	
			平均値	160	152	173	144	188	198	201	199	79	117	127	116	
			最小値	143	142	169	127	184	185	184	169	71	113	119	108	
		c	最大値	269	171	215	185	200	219	247	239	126	135	159	154	
			平均値	214	163	194	170	192	212	224	229	104	127	145	144	
			最小値	176	156	181	151	181	200	198	212	96	120	127	135	
		d	最大値	256	178	234	234	241	273	326	263	128	163	176	188	
			平均値	220	168	216	218	229	260	263	239	116	157	170	176	
			最小値	199	160	187	204	217	243	206	191	107	145	163	154	
		e	最大値	260	188	248	244	242	332	315	300	136	189	205	205	
			平均値	238	179	235	238	236	311	304	285	129	181	189	192	
			最小値	228	167	224	232	230	296	296	277	120	166	162	177	
Pb.t ₂ ・W ⁻¹			最大値	4.9	3.4	4.2	4.0	3.7	4.8	4.6	4.2	2.9	3.7	3.9	3.5	
			平均値	3.5	3.0	3.4	2.9	3.1	3.3	3.4	3.2	2.2	2.7	2.6	2.4	
			最小値	2.6	2.6	2.8	1.6	2.3	2.7	2.4	2.3	1.5	2.2	2.0	1.8	

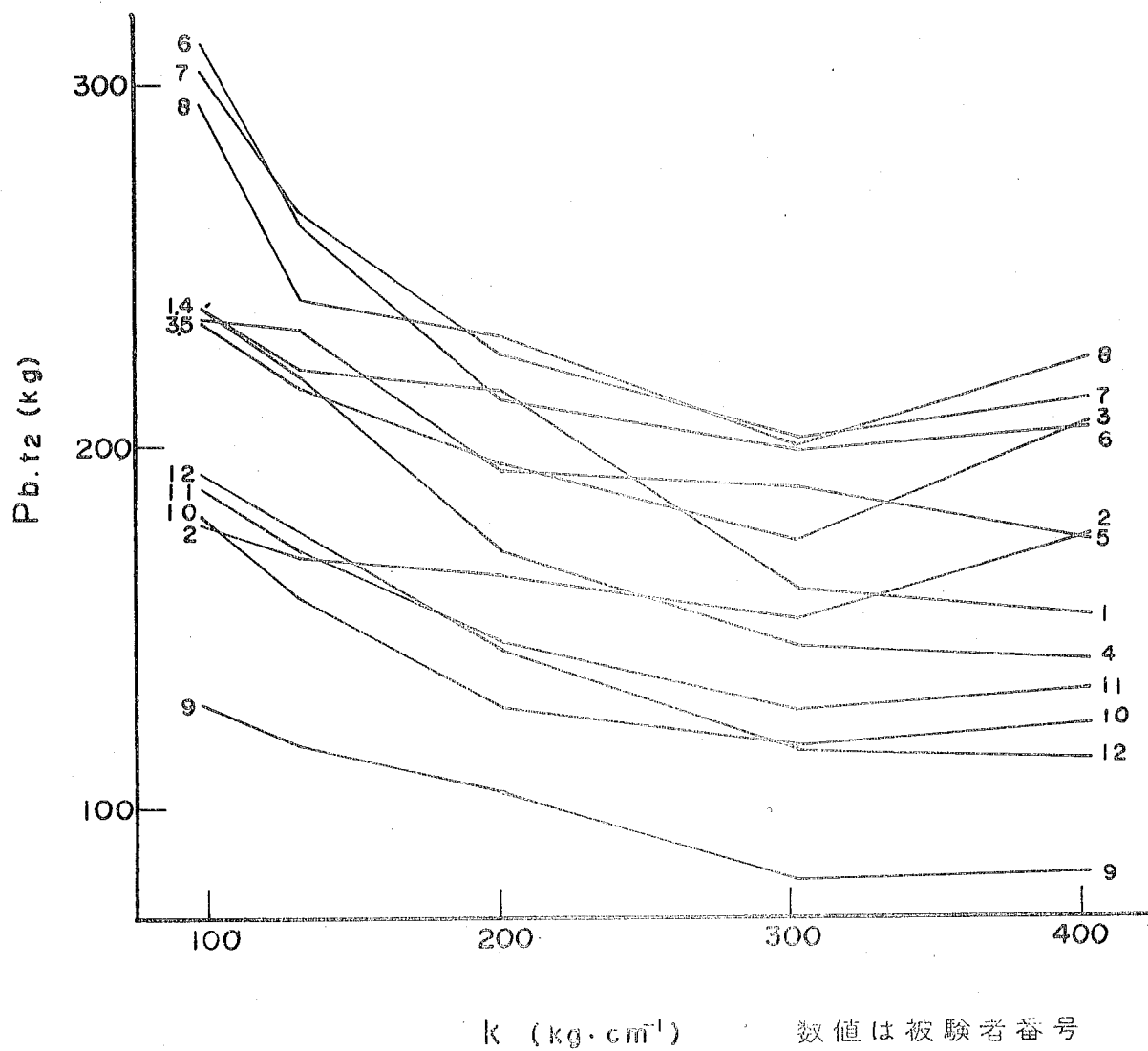


図-3・10 初期高速度荷重と
模擬床のパネ定数の関係

認められるがばね定数が 200 kg/cm 以上では変化の傾向が明確ではなく、被験者ごとにほぼ一定である。

● 図-3-2から、一般に体育館の床の剛性は、ばね定数が 200 kg/cm 以上に相当すると考えられるので、一般的な体育館の床の弾力性を追求するという範囲では、考慮すべき $P_b.t_2$ の値は大きくても体重の4倍程度で充分である。

3) 初期高速度荷重の作用時間

図-3-11(イ)～(ホ)に初期高速度荷重の作用時間(t_2)と被験者が跳躍時に保持する位置エネルギー($U_h.t_2 = W(h + \delta_b.t_2)$, $\delta_b.t_2$: 時間 t_2 における模擬床の変形量)との関係を示した。図中点線は t_2 の平均値($\bar{t}_2$), 鎖線は標準偏差(σ_{t_2})を示す。

これから、同一模擬床においては、 t_2 は被験者の性別・体重・跳躍時に保持する位置エネルギーなどにかかわらずほぼ一定といえる。

図-3-12に、各模擬床における t_2 および σ_{t_2} (↑印) と模擬床のばね定数(K)との関係を示した。

これから、模擬床の剛性に反比例して t_2 の値が小さくなることがわかる。また、一般に体育館の床の剛性はばね定数が 200 kg/cm 以上に相当すると考えられるので、弾力性を追求するという範囲では考慮すべき t_2 の値は $2/100 \sim 5/100 \text{ sec}$ の範囲にあるとみなしてよい。

4) 初期高速度荷重の荷重速度

図-3-13(イ)～(ホ)に初期高速度荷重の荷重速度($P_b.t_2/t_2$)と $U_h.t_2$ との関係を示した。

これから、いずれの模擬床においても、 $P_b.t_2/t_2$ は $U_h.t_2$ に関し直線的に比例して増加しているのが認められる。図中点線は平均法で求めた回帰直線である。

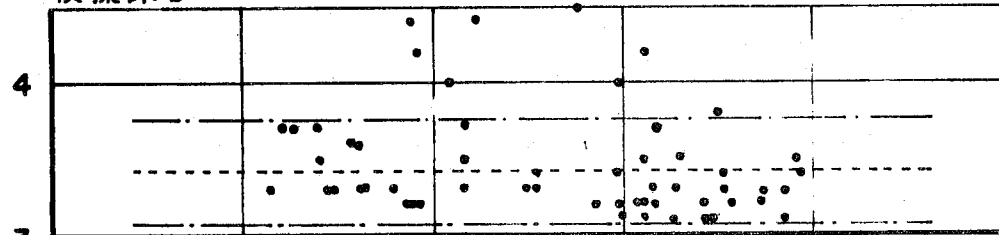
図-3-14に各模擬床における回帰直線式に $U_h.t_2 = 1000, 2000, 3000, 4000 \text{ kg-cm}$ を代入して求めた $P_b.t_2/t_2$ と模擬床のばね

模擬床 a



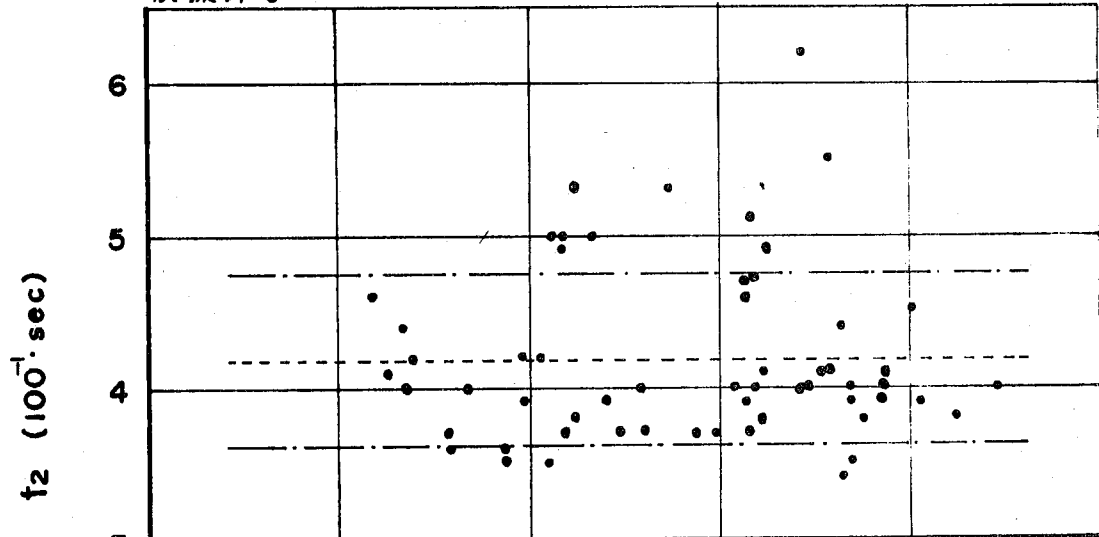
(イ)

模擬床 b



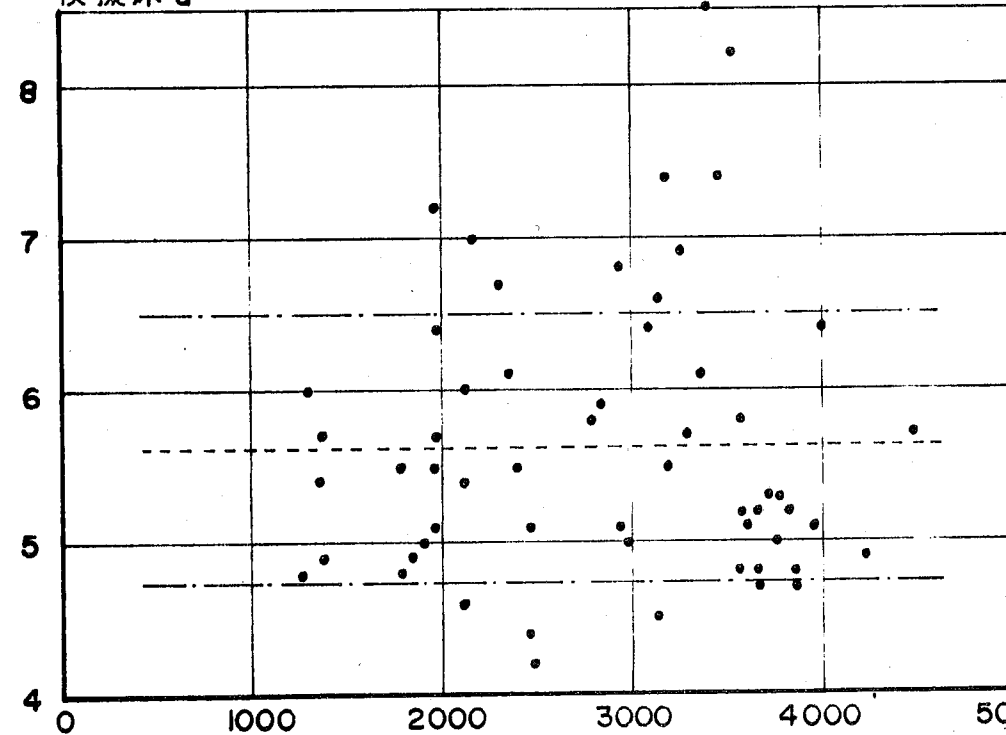
(ロ)

模擬床 c



(ハ)

模擬床 d



(ニ)

$U_h \cdot t_2 \text{ (kg-cm)}$

☒ - 3 - 11

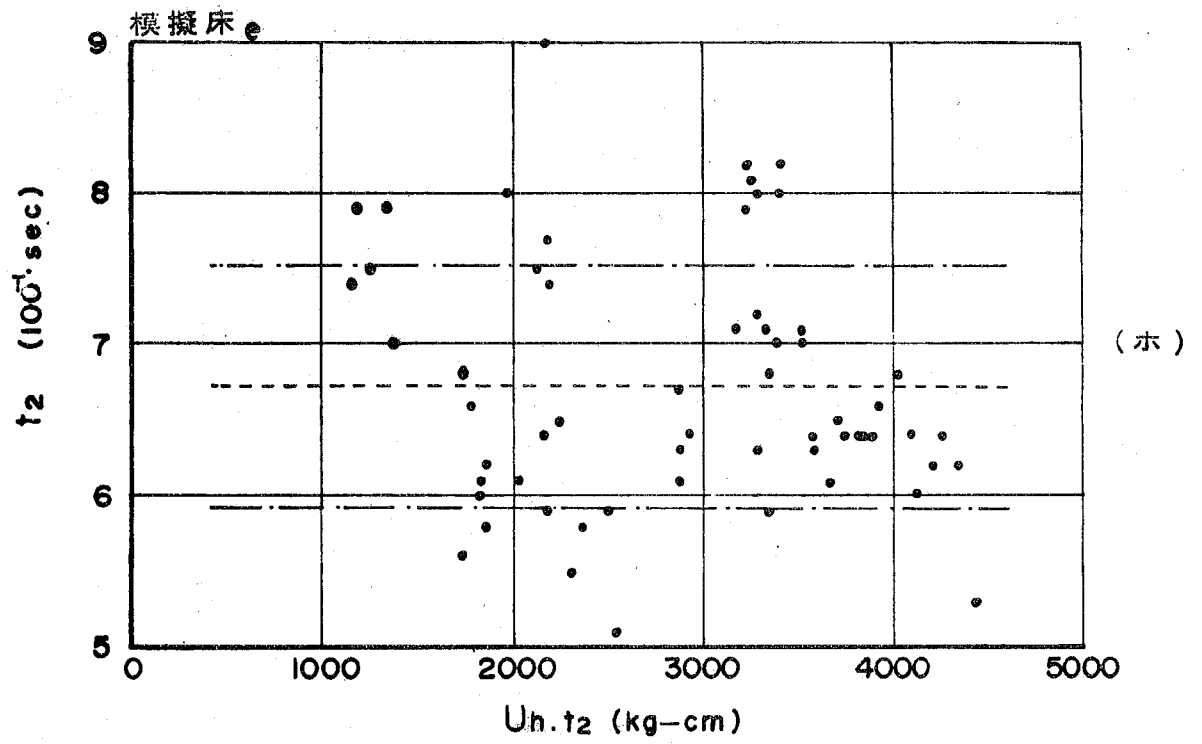


図 - 3 ・ 11

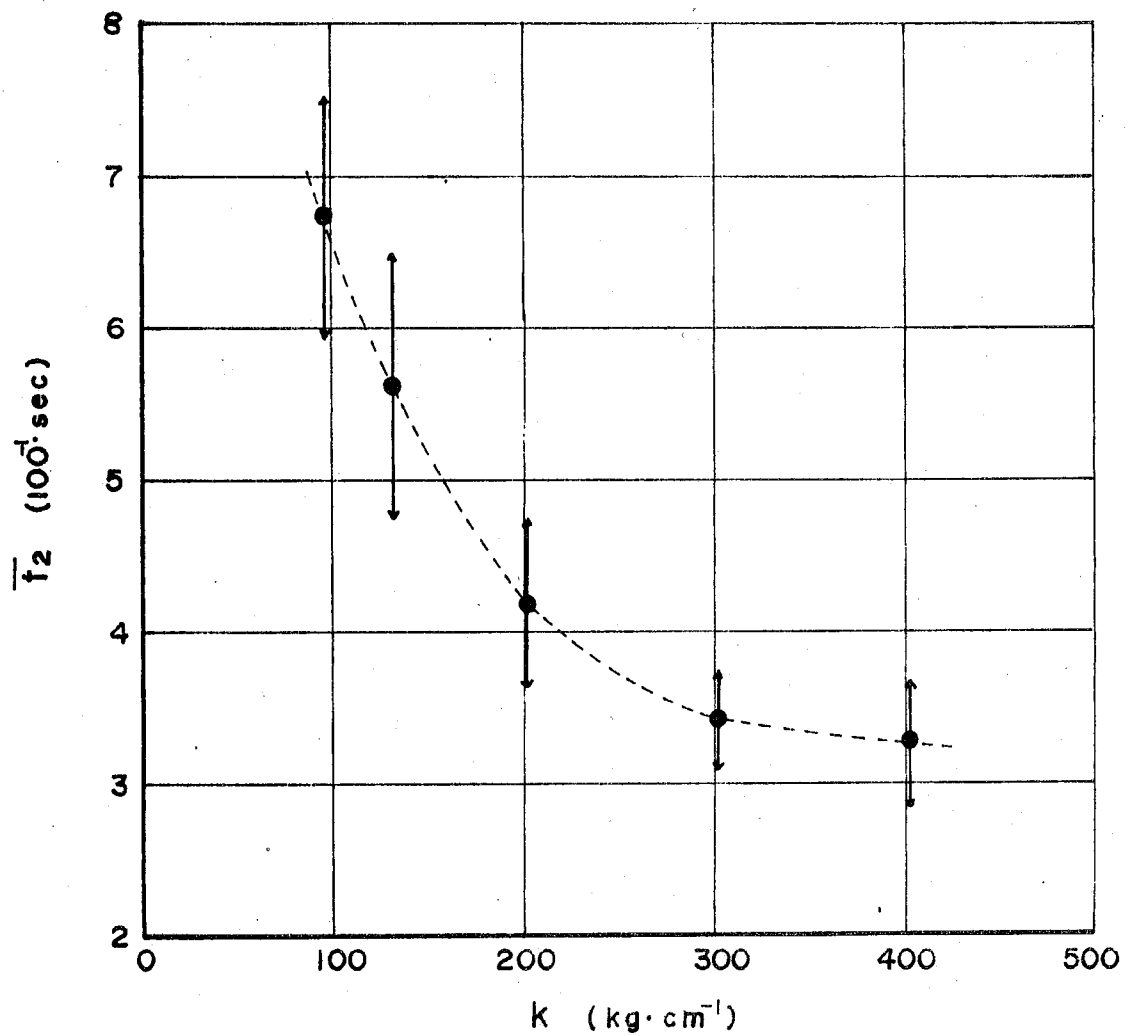
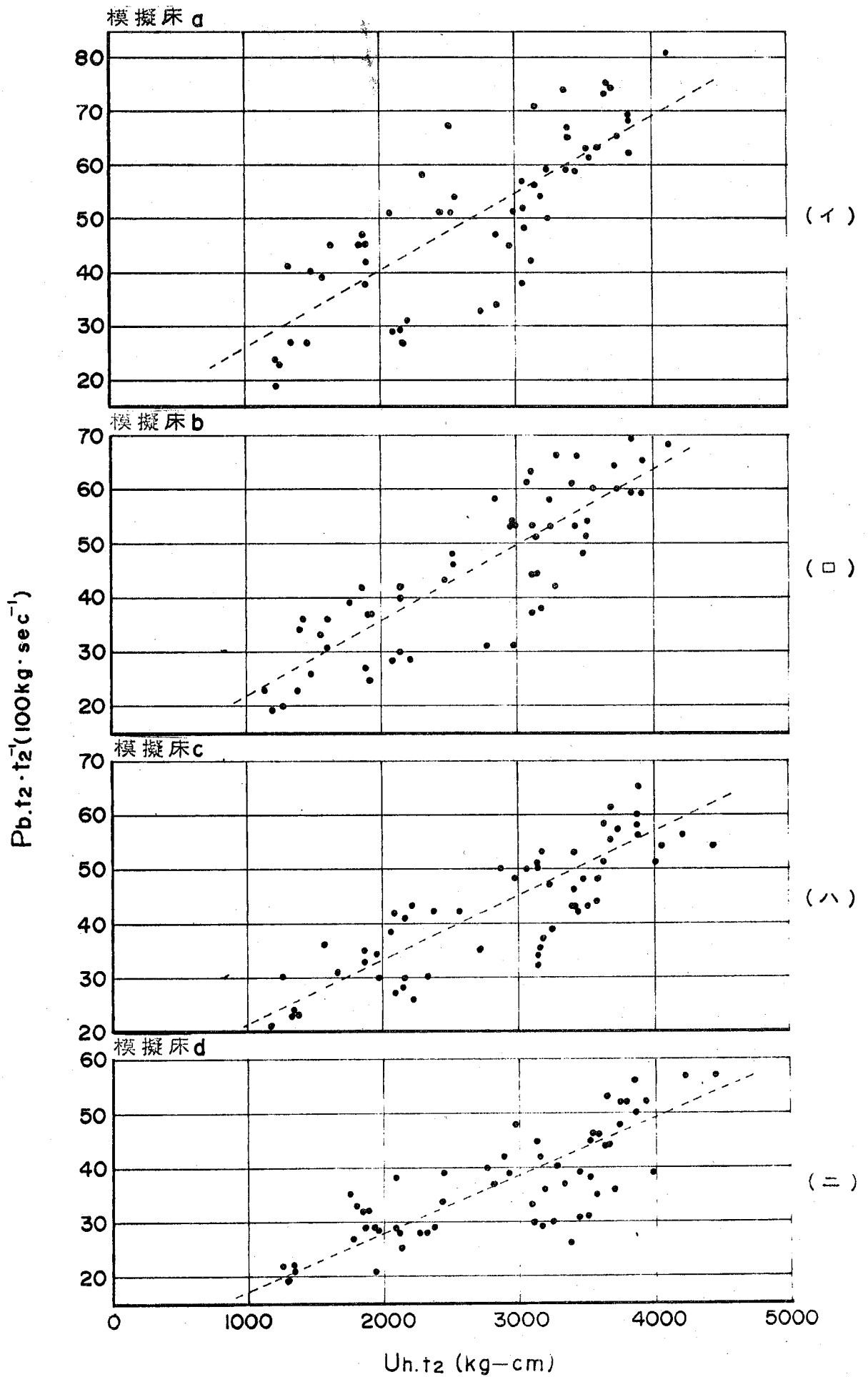


図 - 3 ・ 12 初期高速度荷重の作用時間
と模擬床のばね定数の関係



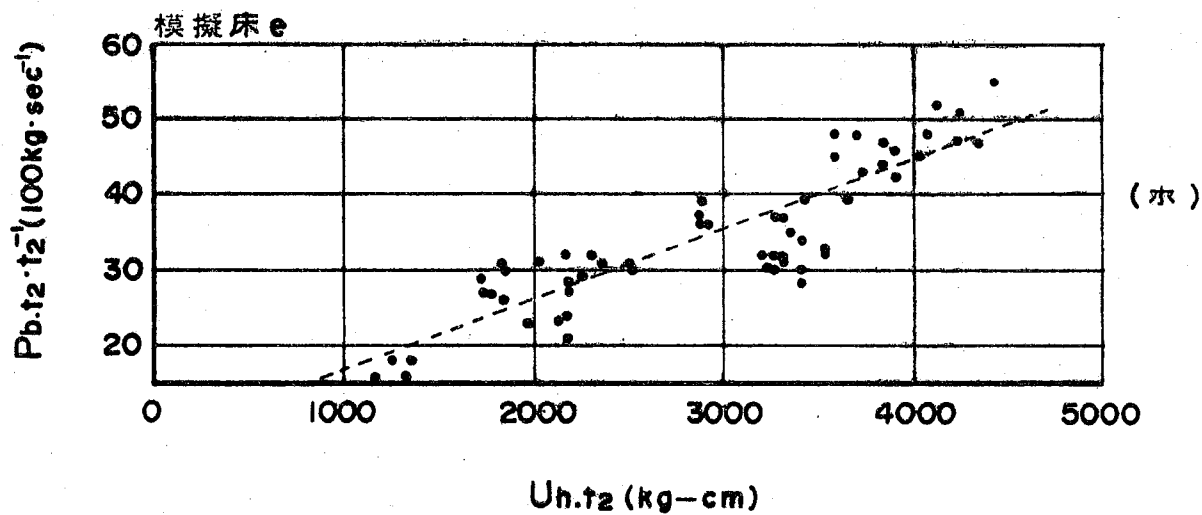


図 - 3 ・ 1 3

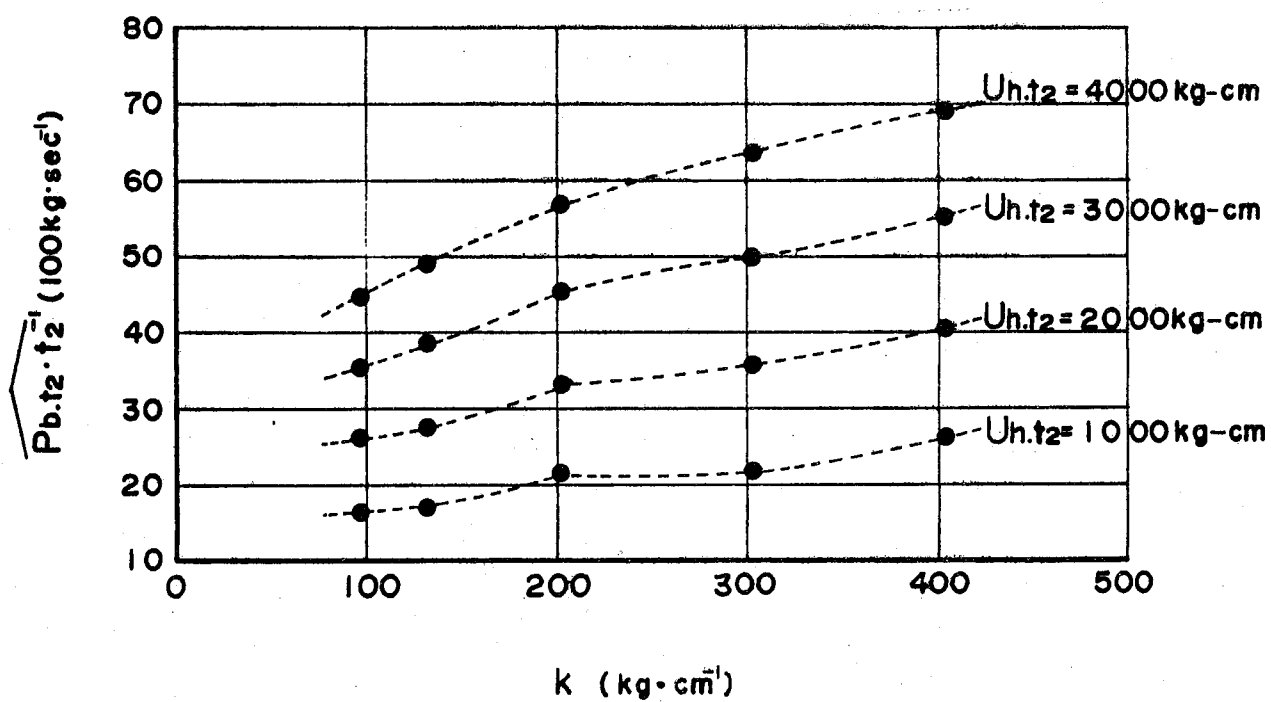


図 - 3 ・ 1 4 初期高速度荷重の荷重速度
と模擬床のばね定数の関係

定数との関係を示した。

これから、初期高速度荷重の荷重速度は床の剛性と跳躍時の位置エネルギーに比例して大きくなるのがわかり、かつ、着地面の剛性にそつてその平均的な値を知ることができる。

以上、1)、2)、3)、4)から、弾力性を追求する際に重要な部分と考えられる初期高速度荷重の大きさ、作用時間、荷重速度の値を知るとともに、これらの性格をよく把握できたと思う。

第8節 弾力性感知の裏付け

3.7.1に述べたように、本実験において12名の被験者全員が模擬床の剛性の差を着地した瞬間に明確に感知している。

本節では、この感覚的事実を裏付けるなんらかの物理的根拠を模擬床の動的変形拳動から得ようとするのであるが、第7節で考察した荷重からだけではこの根拠を得ることはできない。

なぜなら、模擬床に作用する荷重に対する反力の人体への伝達機構が不明で、かつ、反力そのものは感覚を生じさせる直接の要因とはなり得ないからである。

以上の観点から、本節では、模擬床の剛性の差異の感知に対する物理的裏付けを模擬床の変形エネルギーを媒体として行なおうとするものである。

なお、本節で使用する弾力性とは、運動競技者が一般に使用している“かたい”“やわらかい”という言葉だけに対応する意味として用い、本研究で最終的に定義する“弾力性”と比較して内容の幅がせまく、その一部分の内容しか意味していない。

3.8.1 模擬床の変形エネルギーの最大値

被験者が跳躍して模擬床に着地してから、模擬床に最大の

変形が生じた時点で次のエネルギー式が成立する。

$$U_{h.\max} = U_{b.\max} + U_{m.\max} + U_{e.\max} \quad \text{--- (3.2)}$$

ここで $U_{h.\max}$: 被験者が跳躍時に保持する位置エネルギー $= W(h + \delta_{b.\max})$

$U_{b.\max}$: 模擬床に最大の変形が生じた時点での模擬床の変形エネルギー
 $= P_{b.\max} \cdot \delta_{b.\max} / 2$

$U_{m.\max}$: 被験者が吸収するエネルギー

$U_{e.\max}$: 音その他に消費されるエネルギー

(3.2)式において、 $U_{e.\max}$ はいずれの場合もほぼ一定で、かつ、微小とみなし省略すると、(3.2)式は

$$U_{h.\max} \cong U_{b.\max} + U_{m.\max} \quad \text{--- (3.3) となる。}$$

両辺を $U_{h.\max}$ で除すと

$$1 \cong U_{b.\max} / U_{h.\max} + U_{m.\max} / U_{h.\max} = \rho_{U_{b.\max}} + \rho_{U_{m.\max}} \quad \text{--- (3.4) となる。}$$

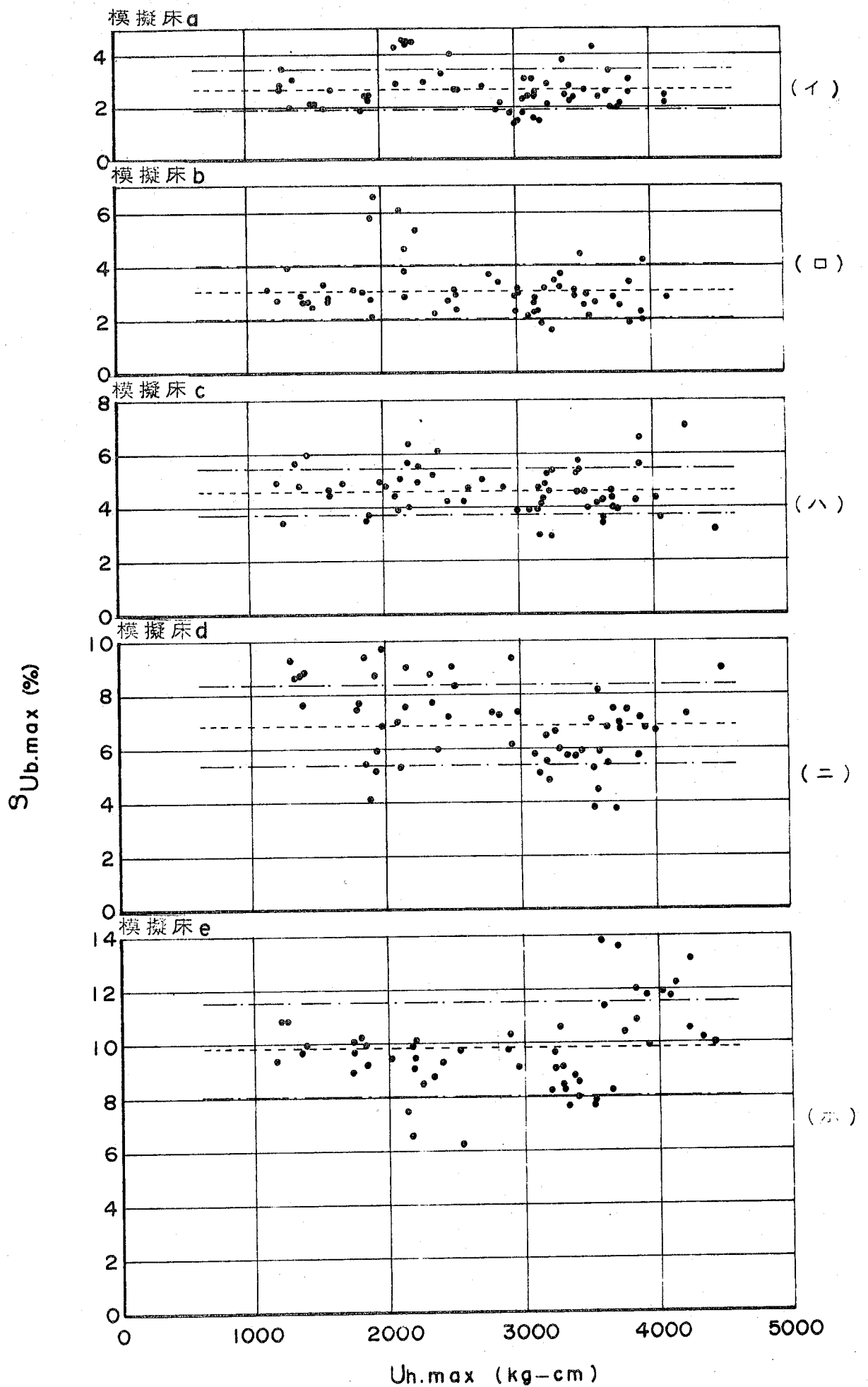
つまり、 $\rho_{U_{b.\max}}$ は $U_{h.\max}$ なるエネルギーを、模擬床に最大の変形が生じた時点までに模擬床が吸収する割合、 $\rho_{U_{m.\max}}$ は $U_{h.\max}$ なるエネルギーを被験者が吸収する割合を意味する。

実験結果から $\rho_{U_{b.\max}}$ を算出し、模擬床ごとに $U_{h.\max}$ との関係を示したのが図-3.15 (1)~(6)である。

これから、同一模擬床においては、 $U_{h.\max}$ の値にかかわらずすべての被験者の場合の $\rho_{U_{b.\max}}$ がほぼ一定なのが見える。図中点線は平均値、鎖線は標準偏差を示す。

図-3.16に、各模擬床における $\rho_{U_{b.\max}}$ の平均値($\rho_{U_{b.\max}}$)および標準偏差値(↑印)と模擬床の剛性(K)との関係を示した。図中点線は(3.4)式から算出した $\rho_{U_{m.\max}}$ の値を示すものである。

これから、模擬床の剛性が高くなると、模擬床が吸収するエネルギーの最大値の割合が小さくなり、逆に被験者が吸収しなければならぬエネルギーの割合が大きくなつて、被験



☒ - 3 . 1 5

者の身体のどこかの部分に大きな負荷が作用することが推察できる。

また、模擬床が吸収するエネルギーの割合は、剛性が 200 kg/cm 以上に相当する床では、被験者が跳躍時に保持する位置エネルギーの 5% 以下と非常に小さく、大部分のエネルギーを人体側で吸収しており、非常に小さな変形エネルギーの差で床の剛性の差を感知していることになり、人間の感覚の鋭敏なことがうかがえる。

3.8.2 初期高速度荷重部分における模擬床の変形エネルギー

被験者が跳躍を行ない模擬床に着地してから、時間 t_2 に達した時点で次のエネルギー式が成立する。

$$U_{h.t_2} = U_{b.t_2} + U_{m.t_2} + U_{k.t_2} + U_{e.t_2} \quad \text{--- (3.5)}$$

ここで $U_{h.t_2}$: 被験者が跳躍時に保持する位置エネルギー $= W(h + \delta_{b.t_2})$

$U_{b.t_2}$: 時間 t_2 における模擬床の変形エネルギー $= P_{b.t_2} \cdot \delta_{b.t_2} / 2$

$U_{m.t_2}$: 時間 t_2 までに被験者が吸収するエネルギー

$U_{k.t_2}$: 被験者と模擬床の運動エネルギーの和

$U_{e.t_2}$: 時間 t_2 までに音その他に消費されるエネルギー

(3.5)式において、 $U_{e.t_2}$ はいずれの場合もほぼ一定で、かつ、微小とみなし省略すると、(3.5)式は

$$U_{h.t_2} \approx U_{b.t_2} + U_{m.t_2} + U_{k.t_2} \quad \text{--- (3.6) となり、両辺を}$$

$U_{h.t_2}$ で除すと

$$\begin{aligned} 1 &\approx U_{b.t_2} / U_{h.t_2} + U_{m.t_2} / U_{h.t_2} + U_{k.t_2} / U_{h.t_2} \\ &= \rho_{U_{b.t_2}} + \rho_{U_{m.t_2}} + \rho_{U_{k.t_2}} \quad \text{--- (3.7) となる。} \end{aligned}$$

つまり $\rho_{U_{b.t_2}}$ は $U_{h.t_2}$ なるエネルギーを時間 t_2 までに模擬床

が吸収する割合， $\rho_{m.t_2}$ は $U_{h.t_2}$ なるエネルギーを時間 t_2 までに被験者が吸収する割合， $\rho_{k.t_2}$ は $U_{h.t_2}$ なるエネルギーが時間 t_2 までに被験者と模擬床の運動エネルギーに変換される割合を意味する。

実験結果から $\rho_{b.t_2}$ を算出し，各模擬床ごとに $U_{h.t_2}$ との関係を示したのが図-3-17(イ)～(ホ)である。

これから， $\rho_{b.t_2}$ は $U_{h.t_2}$ に直線的に比例して増加することが認められる。図中直線は平均法で求めた $\rho_{b.t_2}$ と $U_{h.t_2}$ の回帰直線である。

図-3-18に各模擬床における回帰直線式に $U_{h.t_2}=1000, 2000, 3000, 4000 \text{ kg-cm}$ を代入して求めた値 ($\hat{\rho}_{b.t_2}$) と模擬床のばね定数 (K) との関係を示した。

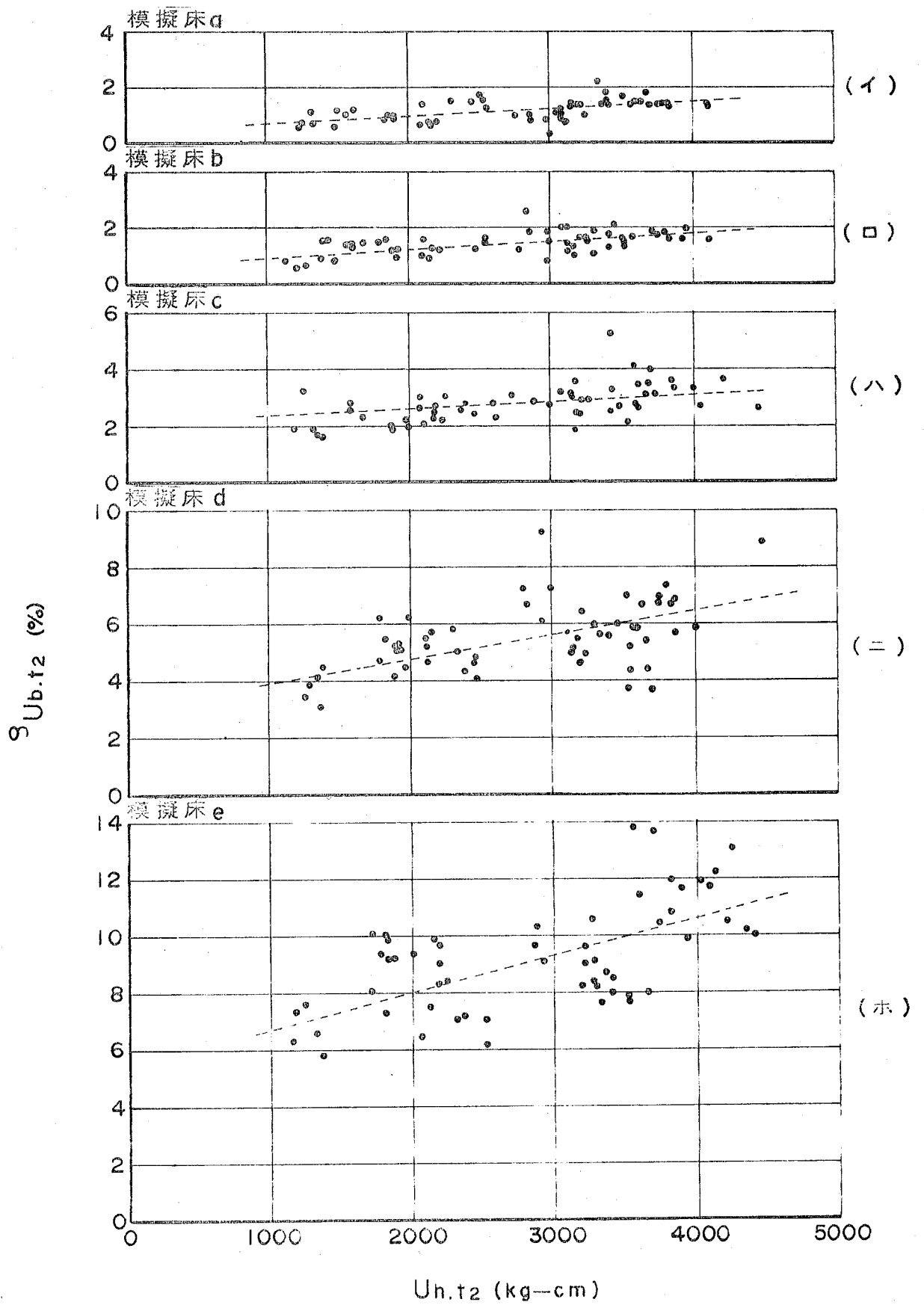
これから，模擬床の剛性が高くなると，高速度荷重部分において模擬床が吸収する変形エネルギーの割合が小さくなるのがわかる。このことは，(3.7)式において， $\rho_{k.t_2}$ は模擬床の剛性の差によりさほどの変化がないとすれば，被験者が吸収しなければならぬエネルギーの割合が大きくなることを意味し，被験者の身体のごく一部の部分により大きな負荷が作用するといえる。

3.8.3 初期高速度荷重部分における模擬床の変形エネルギー速度

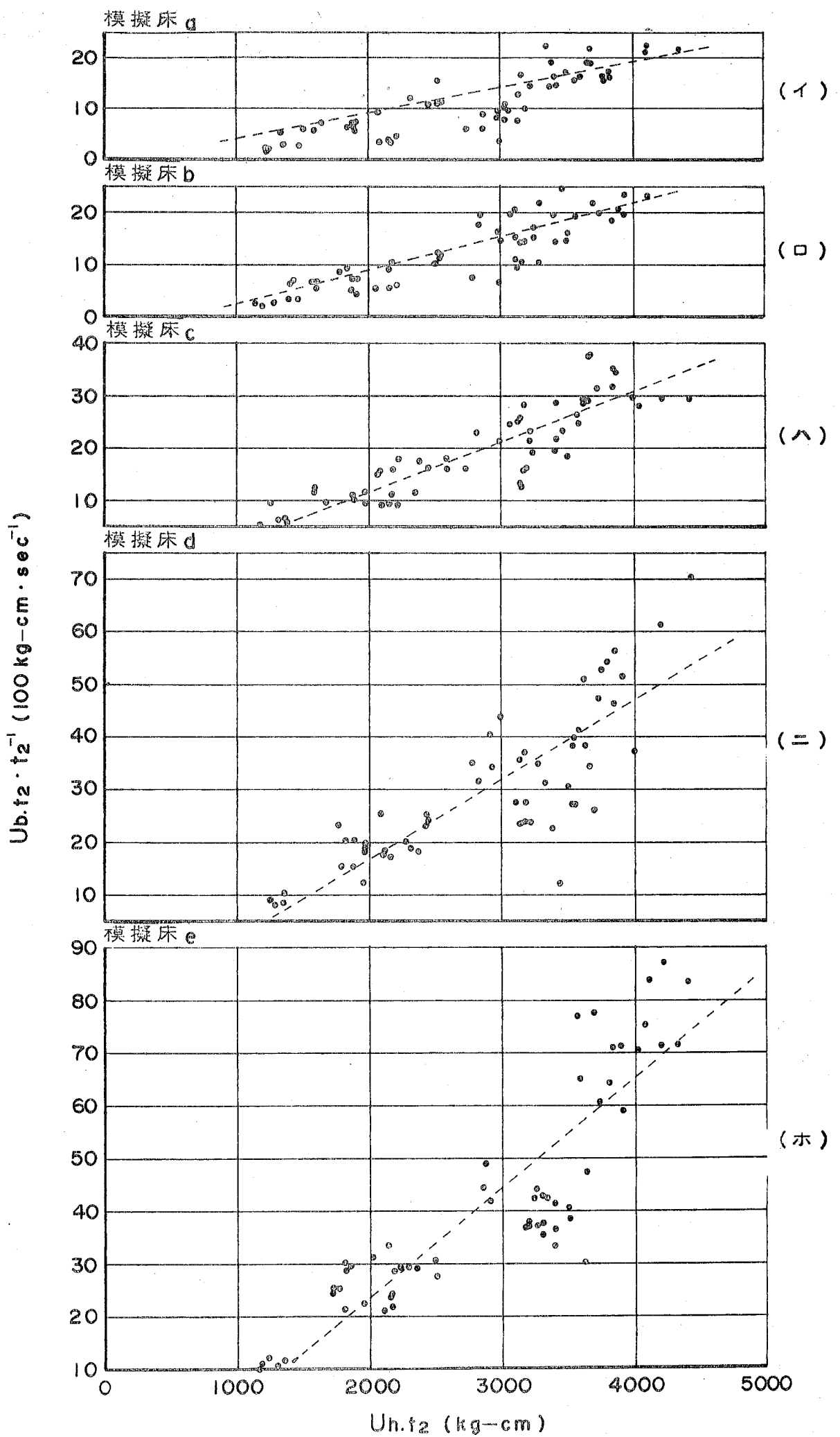
図-3-19 (イ)～(ホ)に各模擬床における模擬床の変形エネルギー速度 ($U_{b.t_2}/t_2$) と $U_{h.t_2}$ の関係を示した。

これから， $U_{b.t_2}/t_2$ は， $U_{h.t_2}$ に関し直線的に比例して増加することが認められる。図中点線は平均法で求めた $U_{b.t_2}/t_2$ と $U_{h.t_2}$ の回帰直線である。

図-3-20 に各模擬床における回帰直線に $U_{h.t_2}=2000, 3000, 4000 \text{ kg-cm}$ を代入して求めた値 ($\widehat{P_{b.t_2}/t_2}$) と模擬床のばね定数 (K) との関係を示した。



3.17



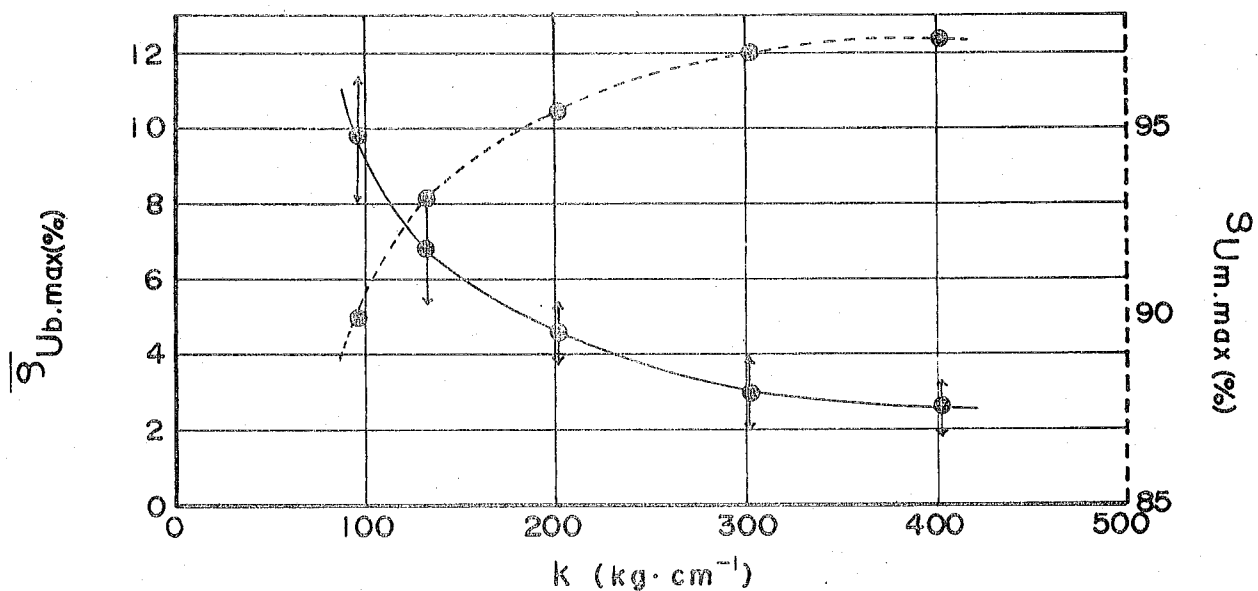


图 3.16

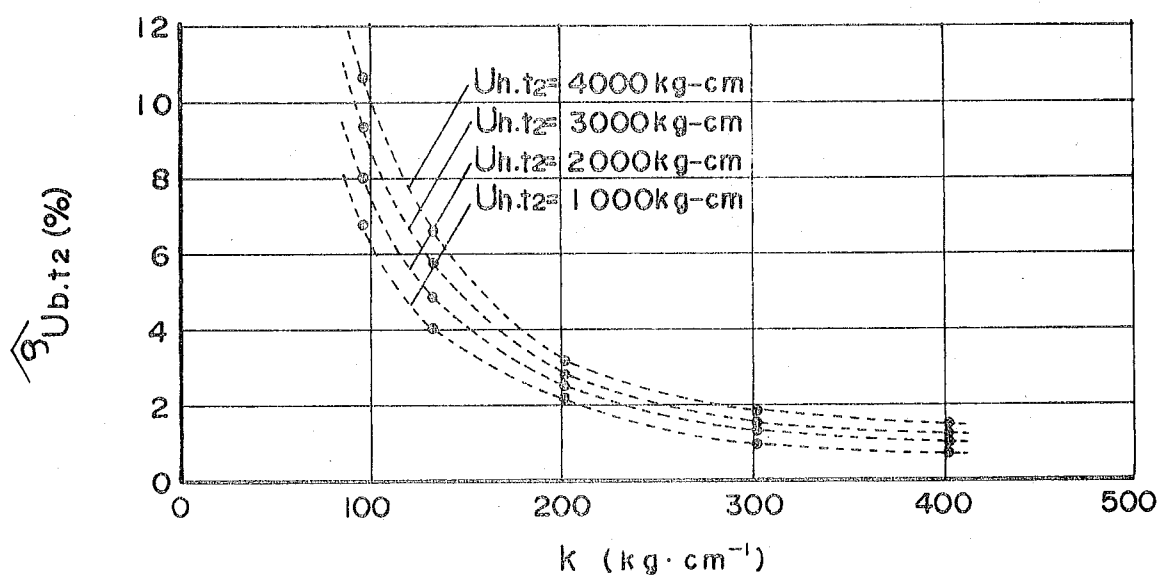


图 3.18

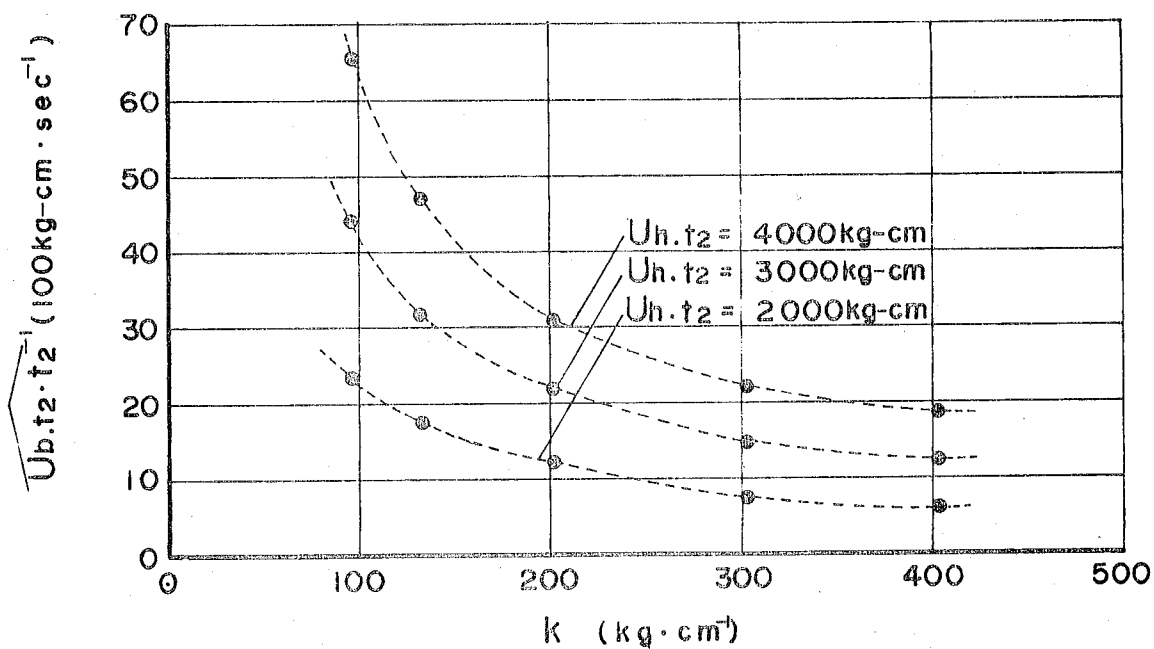


图 3.20

これから、模擬床の剛性が高くなると、初期高速度荷重部分における模擬床の変形エネルギー速度が小さくなることがわかる。

3.8.2において、模擬床の剛性が高くなると、被験者が吸収しなければならぬエネルギーの割合が大きくなることと合せて考えると、模擬床の剛性が高くなれば被験者は短時間内により大きなエネルギーを吸収しなければならぬ、つまり、被験者の身体のごくどこかに短時間に急激な負荷が作用するといえる。

3.8.1, 3.8.2, 3.8.3より、模擬床の剛性が高くなると被験者は短時間により大きなエネルギーを吸収しなければならず、被験者の身体のごくどこかの部分により大きな負荷が作用することが判明し、被験者が着地した瞬間に模擬床の剛性の差を感知するという感覚的事実に対応する物理的根拠の概要を追求し得たと考える。

つまり、人間が感じる床の“かたさ”を説明する物理量としては、床の変形エネルギーが非常に有力であるといえる。しかし本実験で用いた模擬床は、材料・構造などが同一の性状のものであるため、床の変形エネルギーだけで、さまざまな床の“かたさ”をも十分に説明できるかどうかは以後の検討を待たなければならぬ。

第9節 結論

本章の結論はつぎのとおりである。

1) 運動時に人間が床にあたえる荷重に関して

試作した荷重測定装置を用いて、弾力性を究明する際の基礎的資料となる、人間が跳躍して着地する時に床にあたえる荷重の大きさ・速度・作用時間に関し、その値を床の剛性および被験者が跳躍時に保持する位置エネルギーと関連づけて

得ることができ、かつ、つぎのような性状を究明することができた。

1. 人間が跳躍して着地する時に床にあたえる鉛直荷重の最大値は、床の剛性が同じ場合は跳躍時に保持する位置エネルギーに比例するが、同じ位置エネルギーの場合は通常の物体にあたえるそれとはことなり、床の剛性に関係なくほぼ一定の値となる。

2. 人間が跳躍して着地する時に床にあたえる初期高速度荷重の大きさは、床の剛性が同じ場合は跳躍時に保持する位置エネルギーに比例するが、同じ位置エネルギーの場合通常の体育館の床の剛性の範囲では床の剛性に関係なくほぼ一定の値となる。

3. 人間が跳躍して着地する時に床にあたえる初期高速度荷重の作用時間は、跳躍時に保持する位置エネルギーとは無関係にほぼ一定の値を示し、床の剛性に逆比例する。

4. 人間が跳躍して着地する時に床にあたえる初期高速度荷重の荷重速度は、跳躍時に保持する位置エネルギーおよび床の剛性に比例する。

2) 弾力性感知の物理的裏付けに関して

床の変形エネルギーを媒体として、床の剛性が高いほど人間は短時間に跳躍時に保持する位置エネルギーのより多くを吸収しなければならず、身体のだこかの部分に短時間により大きな負荷が作用することを実証し、被験者が模擬床の剛性の差を感知するという感覚的事実を概略ではあるが物理的に裏付けることができた。詳細はつぎのとおりである。

1. 人間が跳躍時に保持する位置エネルギーを床が吸収する割合は、床の剛性が同じ場合は位置エネルギーの大きさには無関係に一定の値を示し、床の剛性に逆比例する。

2. 人間が跳躍時に保持する位置エネルギーを初期高速度

荷重部分において模擬床が吸収する割合は、位置エネルギーの大きさに比例し、床の剛性に逆比例する。

3. 人間が跣躍時に保持する位置エネルギーを初期高速度荷重部分において模擬床が吸収する速度は、位置エネルギーに比例し、床の剛性に逆比例する。

第4章 体育館の床の弾力性測定装置の設計・試作

概 要

体育館の床の弾力性の本質を究明し床の開発に直接寄与できる工学的に一般性のある結論を導くためには、運動競技者が運動動作を行なう時の床の動的変形挙動をその基本にする必要があることを述べ、第3章で求めた、人間が運動時に床にあたえる代表的荷重を自由落下重錘、ゴムばねよりなる機械的荷重体に置換し、求められた機械的荷重体で床に所定の荷重と作用させた時の床の動的変形挙動を測定できる体育館の床の弾力性測定装置を設計・試作した。

本装置は自由落下重錘、ゴムばね、落下重錘誘導管、変位変換器、荷重変換器、径のことなる3種の円形荷重板、床の絶対変形を測定するため不動体として測定点から2.9m離れた所に床との接点をもつ変位変換器支持台、重錘の反撓高さ測定器、動歪計および電磁オシログラフより構成されている。

本装置の性能試験の結果、本装置により床に作用させる荷重はフねに一定の性状を有していること、床の動的変形挙動を測定できること、重錘の反撓高さを精度よく測定できることなどの性能をもつことを実証し、体育館の床の弾力性測定装置として充分使用できることを明らかにした。

第1節 目的

人間が運動動作をして床に着地した時に床にあたる荷重と同様の性状を有する機械的荷重を床にあたえた時の床の動的変形挙動を測定できる「体育館の床の弾力性測定装置」を設計・試作することを目的とする。

なお、本章の段階では、弾力性の定義が明確でないため、試作される装置を使用して測定される結果からただちに弾力性を数量的に提示できるものではなく、以後の研究において、本装置を使用して測定される種々の床の物理量と使用感との関連を究明してはじめて弾力性を数量的に提示でき、その時点で本装置が弾力性測定装置としての機能をもつものである。

第2節 体育館の床の弾力性測定装置設計・試作上の理念

4.2.1 既往の研究における物理量

既往の類似の研究において試作された装置から得られる物理量は必ずしも満足できるものではない。

たとえば、床の硬さを評価する装置において、床の硬さを表示する物理量としてつぎのものが提案されている。

- 砂を内包した硝子球が破壊する落下高さ³⁾
- 落下重錘が着地面に衝突した時の落下重錘の歪量およびその時間変化⁶⁾
- 落下重錘が着地面に衝突した後の落下重錘の反跳高さおよびその時間変化⁸⁾

これらの物理量はつぎの2点から不十分であると考える。

1. 物理量と人間の使用感との関連を究明していない。
2. 物理量と床の一般的な工学的性質、たとえば、床の荷重—変形の関係などとの関連を究明していない。

それゆえ、これらの装置は、現実に存在するものをある程度評価できるだけの能力しかなく、使用感に裏付けられた明

確な階級分けなどではできず，ましてや，人間にとってより良い材料・構法などの開発や設計に直接還元できる基礎的資料をこれらの装置から得ることはできないと考えられる。

4.2.2 本研究における物理量および装置に対する理念

図-4-1に本研究で，物理量をいかに取り扱ってより良い体育館の床の材料・構法などを設計・開発する際の基礎的資料とするかを示した。

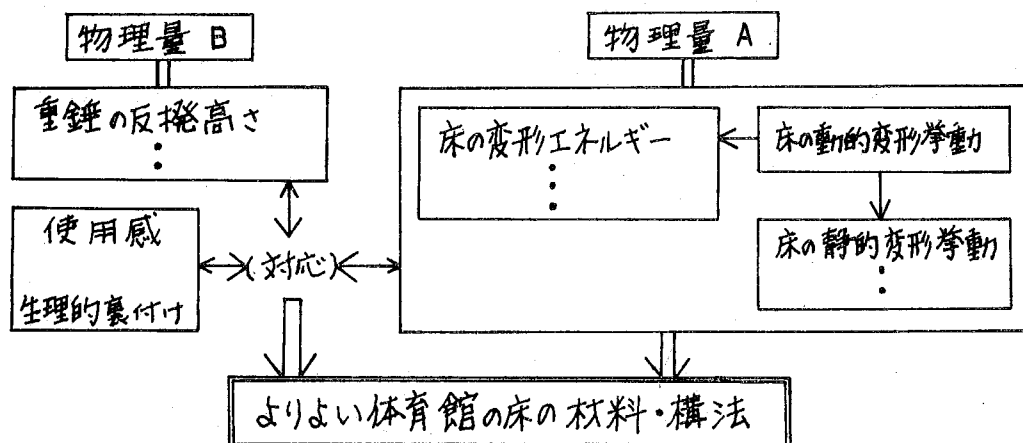


図-4・1 物理量に対する考え方

基本的には，第3章で明らかにしたように，人間が床の上で運動する時の床の動的変形挙動から導かれる床の変形エネルギーなどが人間の使用感と直接対応できる物理量になると考える。

一方，床の動的変形挙動はできれば床の静的変形挙動などに置き換えられて，より良い体育館の床の材料・構法などを設計・開発する際に直接使用できる基礎的資料になると考える。

いま，これらを物理量Aとし，弾力性測定装置に組み込まれる機械的荷重体を落下重錘形式とした場合の重錘の反撓高さなどのように，床自体の一般的な工学的性質を直接には表示しないものを物理量Bとする。

一般に物理量Aは複雑な場合が多いが，問題が簡単な場合は比較的単純な物理量Bで表示することも可能と考えられる。

しかし、その条件として物理量Aと物理量Bとの相関関係を明確にしなければならぬ。なぜなら物理量Bは前述したような性格の物理量で、客観性・再現性のあるものではなく、人間の使用感などと物理量Aとの対応を示すひとつの表示記号にすぎないからである。

このように床自体の工学的性質を示す物理量Aと、ひとつの表示記号である物理量Bとを明確に区別し、逐次究明しなければならないと考える。

本研究において試作する体育館の床の弾力性測定装置は以上のような理念を具現できる性能をもつことを前提とする。

第3節 体育館の床の弾力性測定装置の設計条件

本研究で設計・試作する体育館の床の弾力性測定装置は、基本的には所定の荷重条件のもとで、体育館の床の動的変形挙動の測定ができ、かつ、物理量Bも必要であれば同時に測定できることが望ましい。

このことを満足するために設計上要求される条件はつぎのとおりである。

1. 所定の荷重は、人間が運動時に床にあたえる荷重と同様の性状とする。なお、人間が運動時に床にあたえる荷重は第3章で求めたものとする。

2. 所定の荷重載荷時における床の動的変形挙動を測定できること。なお、床の変形は絶対変形とする。

3. 物理量Bも必要であれば同時に測定できること。

4. 実地測定が必要なため、装置の運搬が容易なこと。

これらの条件のうち、3,4.は機械的工作の段階で条件を満たせるものであり、重要なことは、1,2.の条件をどのように満足させるかにある。

第4節 体育館の床の弾力性測定装置の設計・試作のための基礎実験

4.4.1 運動時に人間が床にあたえる荷重の機械的荷重体への置換

1). 目的

床の動的変形挙動はあたえられる荷重条件でその性状が変化するので，目的に適った，つまり，実状にそつた荷重条件を設定する必要がある。

体育館の床の弾力性の観点からの床の動的変形挙動を測定する場合の荷重条件は，当然のことではあるが，運動競技者が運動時に床にあたえる荷重と同じ条件でなければならぬ。

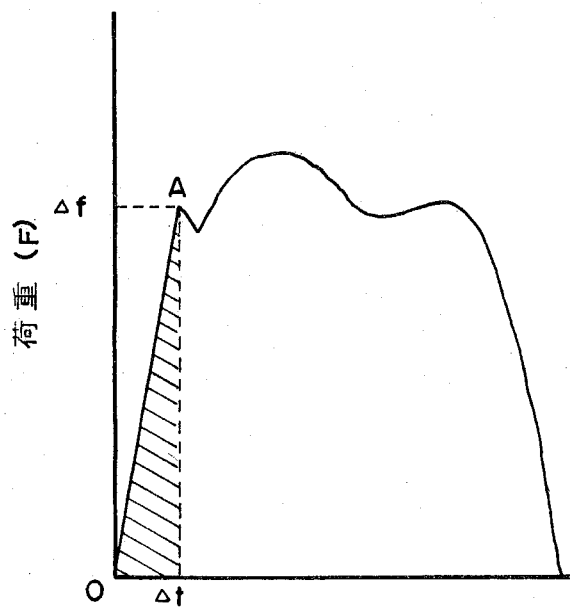
この条件をもつともよく満足する荷重は，人体そのものを荷重体として採用するときのものである。しかし，人間の運動動作には再現性がないため，人体を荷重体とした場合に得られる床の動的変形挙動の相互比較が不可能になる。

ここに，運動時に運動競技者が床にあたえる荷重を再現性のある機械的荷重に置換する必要が生じる。置換された荷重を床に作用させて床の動的変形挙動を測定し，弾力性に関する使用感に対応できる物理量を模索するので，本研究ではこの置換が非常に重要な部分となる。

2). 既往の研究の検討

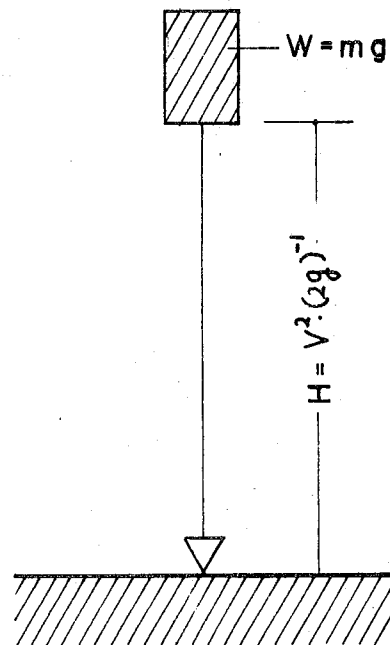
胡占星博士は床の硬さに関する研究で，床の硬さ測定器を製作する際に，歩行時に人間が床にあたえる荷重を自由落下重錘からなる機械的荷重に置換している。⁸⁾

図一4.2(1)に示すような，歩行解析実験から得られた，歩行時に床にあたえる荷重一時間曲線において，A点までが床の硬さを感じる主要な部分とみなし，この部分に衝撃理論を適用して次式により相当質量を求め，図一4.2(2)のごとき機械的荷重体を設計している。



時間 (t)

(イ)



(ロ)

図 - 4 ・ 2

表 - 4 ・ 1 相当質量算出の一例

(被験者 NO.7 の場合)

模 擬 床	支持間隔	ばね定数	$\overline{Pb \cdot t_2}$	$\overline{t_2}$	$\overline{Pb \cdot t_2 t_2 / 2}$	m
	cm	kg · cm ⁻¹	kg	100 ⁻¹ sec	100 ⁻¹ kg · sec	k
a	100	403	212	2.9	307.4	9.2
b	110	303	201	3.3	331.6	9.9
c	126	201	224	4.0	448.0	13.4
d	145	132	263	4.9	644.3	19.3
e	160	98	304	6.0	912.0	27.3

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g \times 54.8} = 327 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$\int_0^{\Delta t} F \cdot dt = m v \quad m = \frac{1}{2} \frac{\Delta f \cdot \Delta t}{V} \quad \text{--- (4.1)}$$

V : 着地の瞬間の踵の移動速度でストロボ撮影より得られた値

この方法の本研究への適用を検討するために、第3章で求めた初期高速度荷重部分にこの方法を適用すると、

$$\int_0^{t_2} P_b \cdot dt = m v \quad , \quad m = \frac{1}{2} \frac{P_b \cdot t_2 \cdot t_2}{V} \quad \text{--- (4.2)} \quad \text{となる。}$$

$P_b \cdot t_2$: 初期高速度荷重の大きさ

t_2 : 初期高速度荷重の作用時間

h : 被験者の跳躍高さ

$V : \sqrt{2gh}$

いま、一例として、 $P_b \cdot t_2, t_2, h$ に被験者NO.7の場合の各々の模擬床における5個の値の平均値 $\overline{P_b \cdot t_2}, \overline{t_2}, \overline{h}$ を代入して相当質量 m を算出した結果が表-4-1である。

床の剛性が変化すると $P_b \cdot t_2$ および t_2 の値が変化するので、当然ではあるが、相当質量の値が大きく変化し、床の剛性に無関係なひとつの相当質量を求めることができない。

また、実状にそつた床の動的変形挙動を測定するという目標を達成するためには、置換された機械的荷重体で床にあたえる荷重がその時間変化をも含めて、人間が床にあたえる荷重を再現していなければならぬが、このような方法で求めた機械的荷重体は同じ衝撃量を再現でき得たとしても、同じ荷重-時間の関係を再現しているという保証はない。

これらの理由から、この置換方法を本研究に適用するのは不適當と考える。

また、東北大学建築学科建築材料学研究室では、床仕上材料の緩衝効果に関する研究で、歩行時に人間が床にあたえる荷重を機械的荷重に置換している。⁶⁾

すなわち，一定の剛性をもつ荷重板を媒体として，人間が歩行時に床にあたえる荷重と同じ大きさの荷重を生じるようなハンマー形式の機械的荷重体を実験的に求めているが，作用時間を厳密には考慮していないので完全な置換とはいいがたく，本研究への適用は不適当と考える。

3). 本研究における置換の方法

第3章で明らかにしたとおり，人間が運動時に床にあたえる荷重の諸性状は非常に複雑であり，荷重体としての人体を理論的に究明するのは困難であること，既往の研究において本研究へ適用できる方法が見あたらないことから，本研究では，第3章で使用した模擬床を媒体とし，人間が垂直跳びを行なつて着地した時の模擬床の動的変形挙動と同様の動的変形挙動を生じるような機械的荷重体を実験的に求める方法を採用することとした。

4). 模擬床の動的変形挙動の選定ならびに置換の範囲

荷重の置換において媒体となる模擬床の剛性は，実存する体育館の床の剛性に近似していることが望ましいため，第3章で使用した5種類の模擬床 a, b, c, d, e のなかから図—3.2を参考にして，ふたつの模擬床 a, c を選んだ。

各々の模擬床において，被験者が垂直跳びを行なつて着地した時の模擬床の動的変形挙動は第3章で測定した電磁オシログラムから得られる。図—4.3はその一例で模擬床の変形—時間の関係を示したものである。（変形は模擬床裏面中央の歪 ϵ_0 で表わすことにする）

時間 t_2 までは模擬床の変形は時間に関し直線的に増加する。第3章で述べたように，時間 t_2 までの部分が被験者が弾力性を感知する重要な部分であること，また， t_2 以後の複雑な曲線の置換は人体と同様の重量および機構を持った荷重体でなければ困難であること，の2点から置換する範囲を t_2 までの

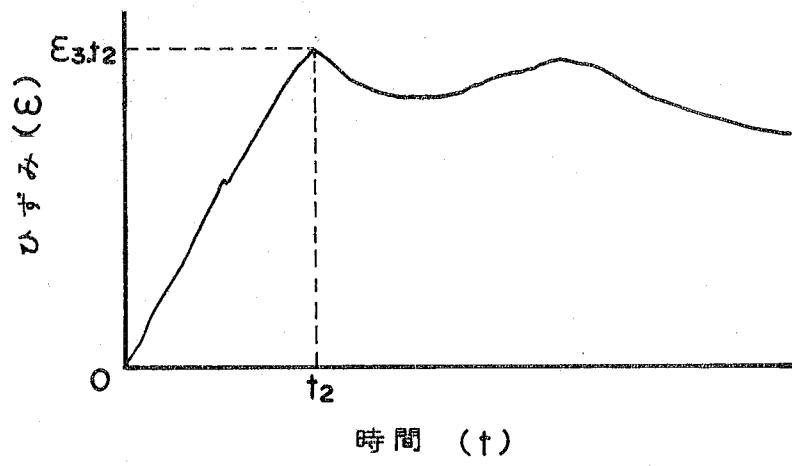


図 - 4 ・ 3 模擬床の変形—時間の関係

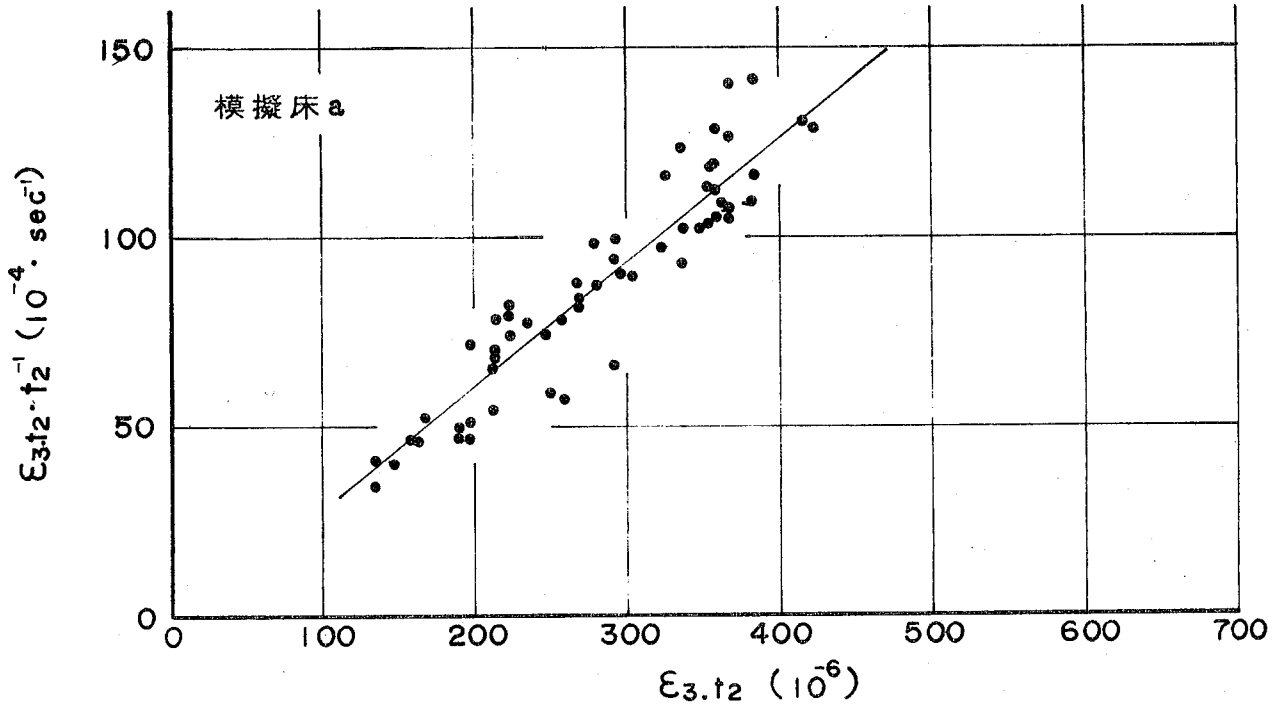


図 - 4 ・ 4 (イ) 模擬床 a における変形速度と変形量の関係

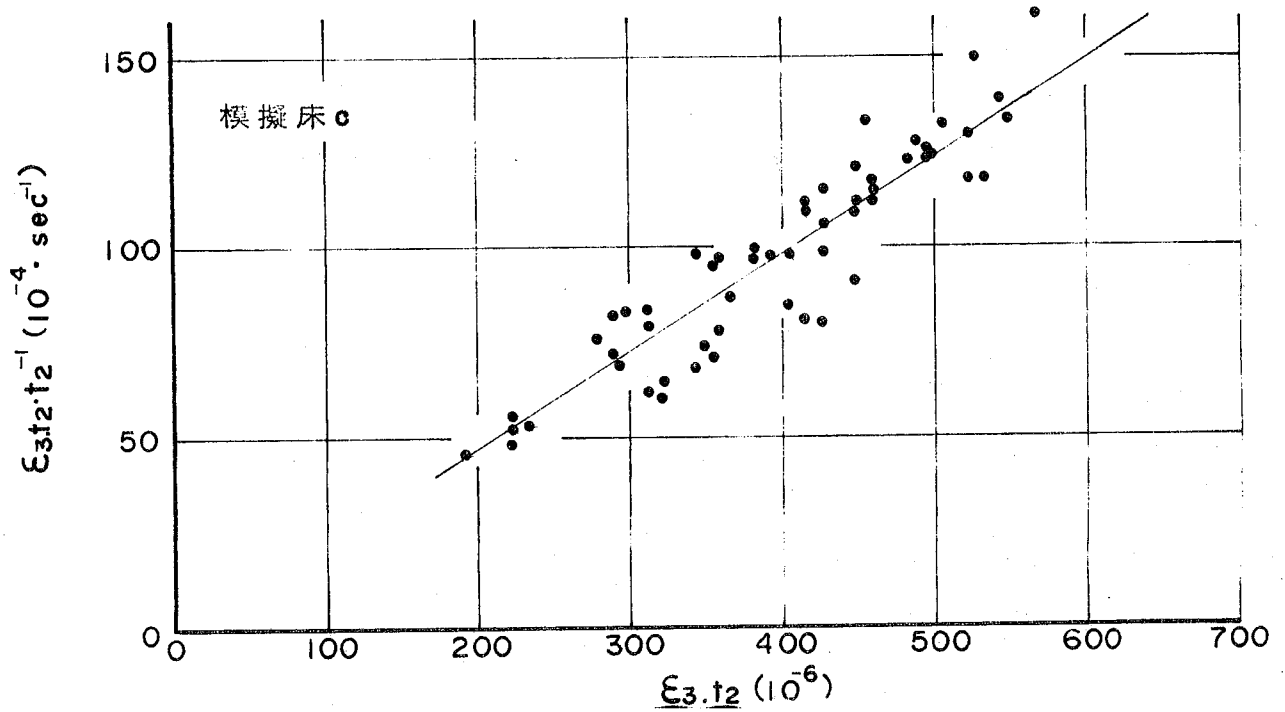


図 - 4 ・ 4 (ロ) 模擬床 c における変形速度と変形量の関係

部分とする。なお、 t_2 以後の取り扱いに関しては4.6.4で述べる。

この範囲においては変形と時間は1次の比例関係にあるとみなせるので、変形量と変形速度のふたつの値で模擬床の動的変形挙動を表示することができる。図-4.4(1),(2)は第3章の実験で得られた、12名の被験者が各々の模擬床に着地した時の模擬床の変形量($\epsilon_3.t_2$)と変形速度($\epsilon_3.t_2/t_2$)の関係を示したもので、置換する時に目標となる動的変形挙動は図中の各点で表わされるが、 $\epsilon_3.t_2$ と $\epsilon_3.t_2/t_2$ は1次の直線的比例関係にあるとみなせるので、平均法で図中の直線のごとき両者の関係を示す回帰直線式を求め、この直線を模擬床の動的変形挙動の代表値とすることとした。

5). 荷重体形式の決定

模擬床に荷重をあたえる荷重体の形式に関しては、昭和40年度東北大学卒業研究において、人間が運動時に床にあたえる荷重を自由落下重錘とゴムばねからなる形式の機械的荷重体によつて再現できることを究明しており¹⁴⁾、かつ、もつとも単純な形式と考えられるので、本研究でもこの形式を採用することとした。

また、荷重板は第3章において、模擬床の荷重—変形の較正を行なう時に使用した半径2.5^{cm}の円板を使用することとし、被験者が着地した時の模擬床の変形形状と機械的荷重体による模擬床の変形形状の比較は、 ϵ_3 に対する ϵ_1 、 ϵ_2 、 ϵ_4 、 ϵ_5 の比の値で行なうこととした。

6). 実験装置および実験方法

実験装置の概要は図-4.5に示したとおりで、第3章で使用した模擬床および測定機器にあらたに重錘誘導管、支持三脚および所定の自由落下重錘、ゴムばねを具備したものである。

重錘とゴムばねの形状・寸法は図-4.6のとおりで、各々の

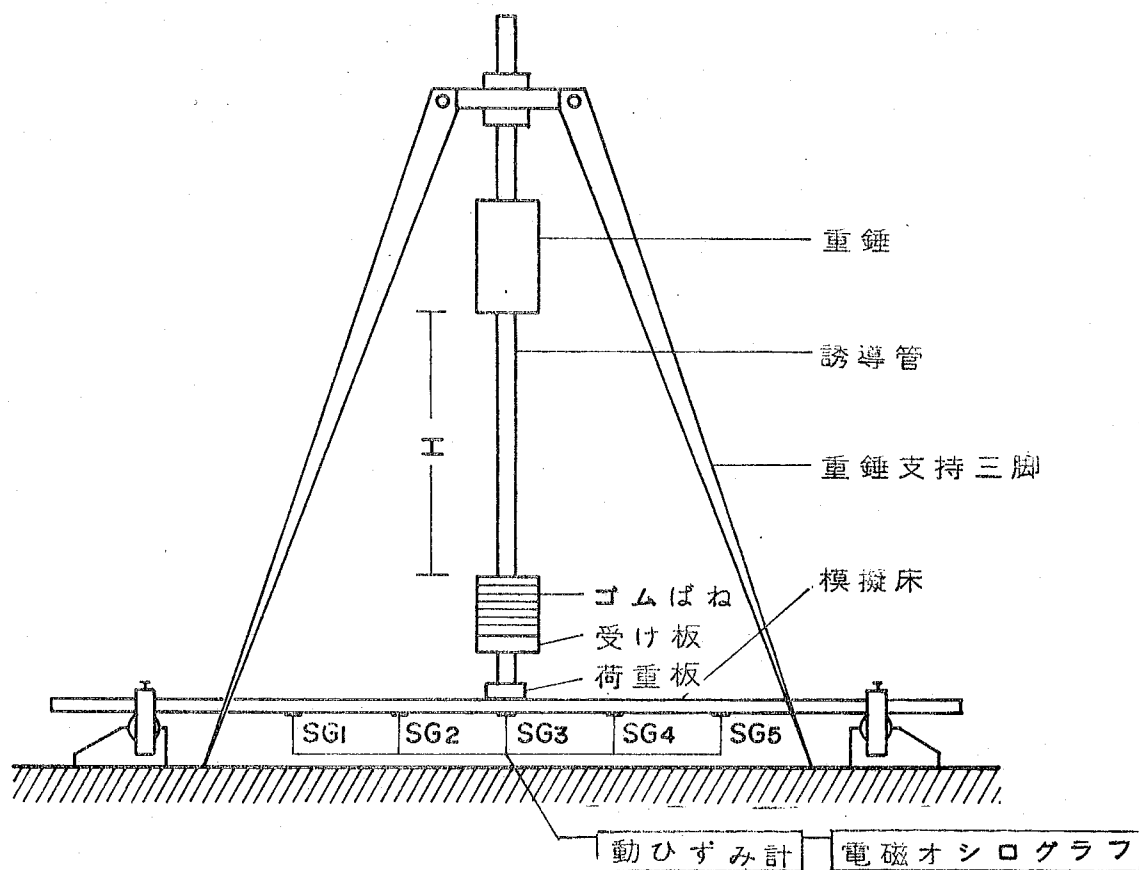


図-4・5 置換実験装置の概要

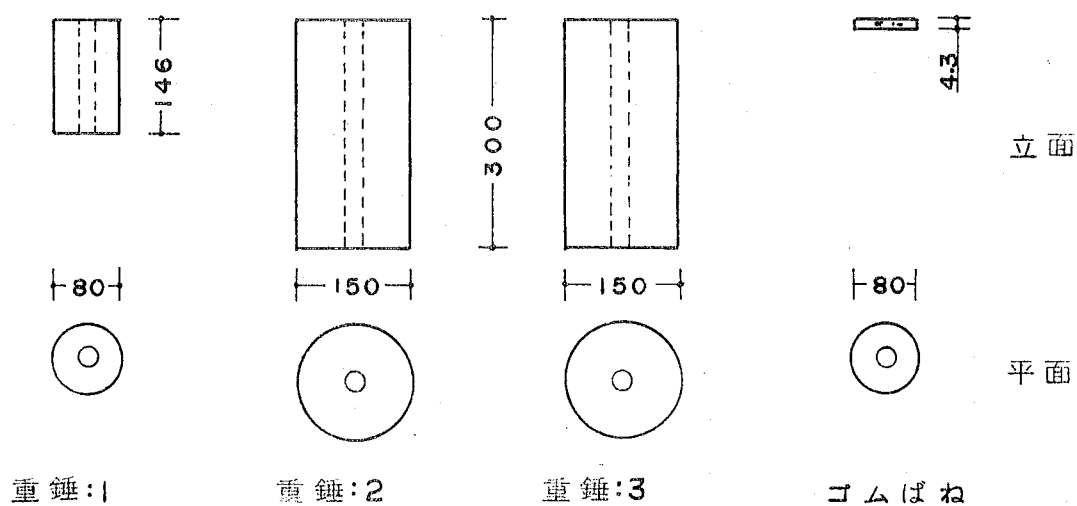


図-4・6 重錘とゴムばねの形状・寸法

表-4・2 重錘とゴムばねの組合せ

重錘	材質	重量(kg)	ゴムばね枚数		
1	鋼	5.00	9	22	36
2	インコニール	11.36	9	22	36
3	鉄屑入りインコニール	21.50	9	22	36

組合せは表-4.2に示した9組である。

模擬床中央に荷重板および重錘誘導管を設置し、所定の落下高さHから重錘を自由落下させる。自由落下した重錘は受け板に支持されたゴムばねに衝突し、荷重板をとおして模擬床に荷重を作用させる。重錘の落下と同時に電磁オシログラフを始動し、模擬床裏面に貼布した抵抗線歪ゲージからの歪を動的に記録する。チャートスピードは $25^{cm} \cdot sec^{-1}$ 、タイミング標示は $0.01 sec$ である。

7). 実験結果および考察

図-4.7に得られた電磁オシログラムの一例を示した。

時間 t_2 までの模擬床の歪 (ϵ_3)—時間曲線は第3章で得られた人間着地時の歪 (ϵ_3)—時間曲線 (図-3.6) とよく類似しており、歪が時間に関し直線的に増加しているのが認められる。

これから模擬床裏面中央の歪 ($\epsilon_{3.t_2}$) と歪速度 ($\epsilon_{3.t_2}/t_2$) を算出し、両者の関係を示したのが図-4.8(I),(II)である。図中各数値は重錘の落下高さH(cm)を示し、太実線は4)で決定した模擬床の動的変形の代表値を示す回帰直線である。

これから、重錘1 (重量 5^{kg})、落下高さ ($20^{cm} \sim 80^{cm}$)、ゴムばね枚数22枚の組合せによる値がよく代表値に近似しているのが明らかである。

また、模擬床の変形形状と比較するため、被験者が着地した時の $\epsilon_{i.t_2}/\epsilon_{3.t_2}$ と上記組合せの荷重体で荷重を作用させた時の $\epsilon_{i.t_2}/\epsilon_{3.t_2}$ の値の一例を示したのが表-4.3である。

これから、両者の値がよく近似していること、すなわち、模擬床の変形形状もよく類似していることが明確で、上記組合せの機械的荷重体による荷重がよく人間が床にあたえる荷重に近似しているといえる。

なお、ゴムばねの素材は発泡させたSBRで、枚数22枚の場合の動荷重下における荷重—変形の関係を求めるため、図

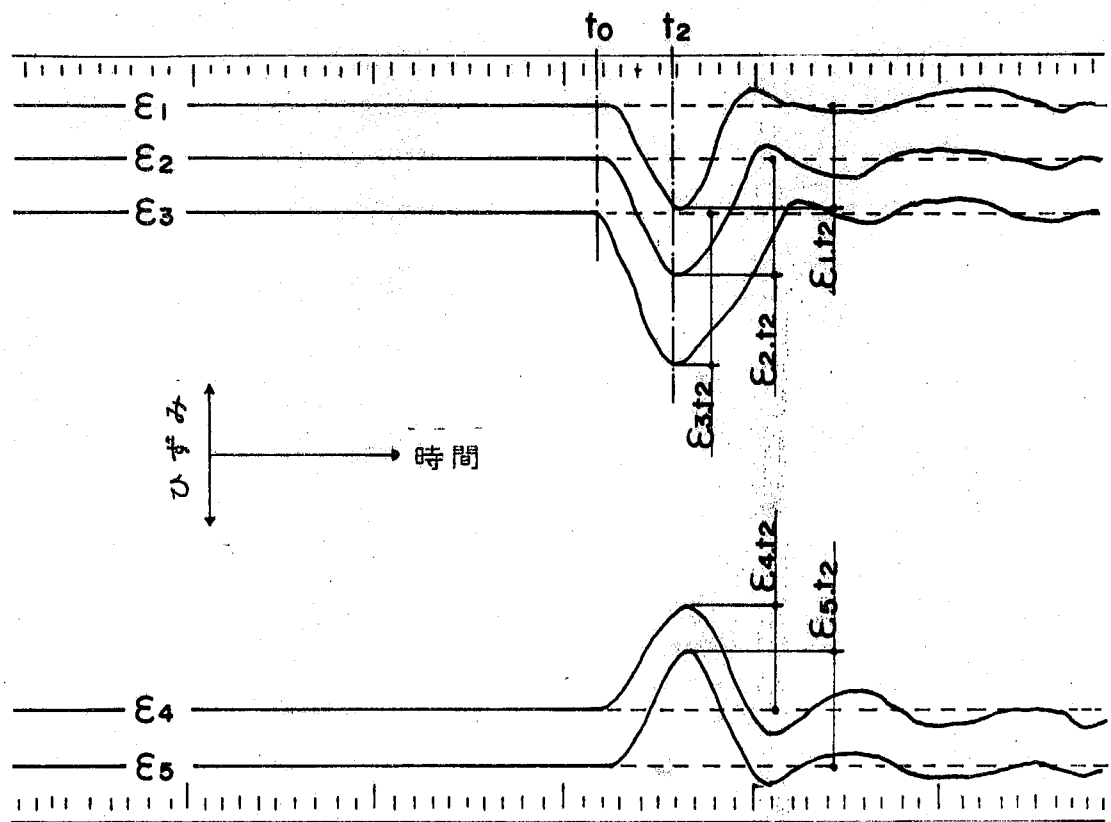
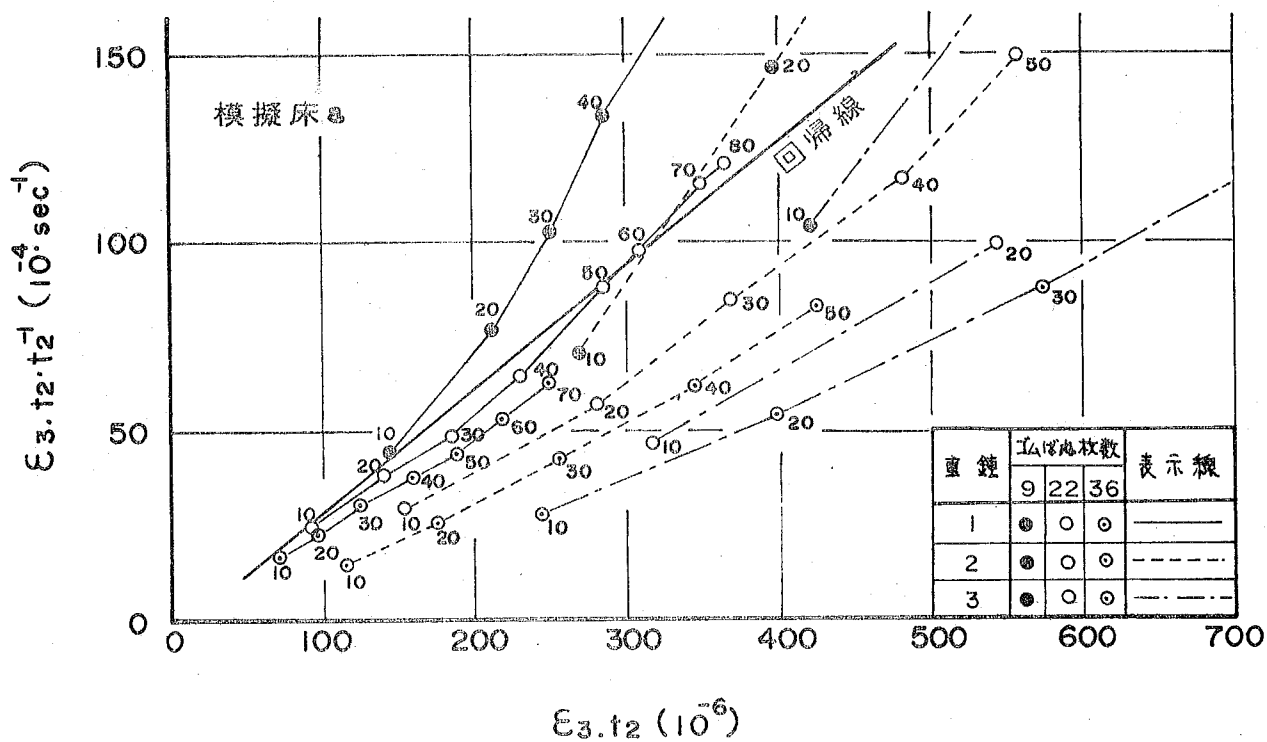


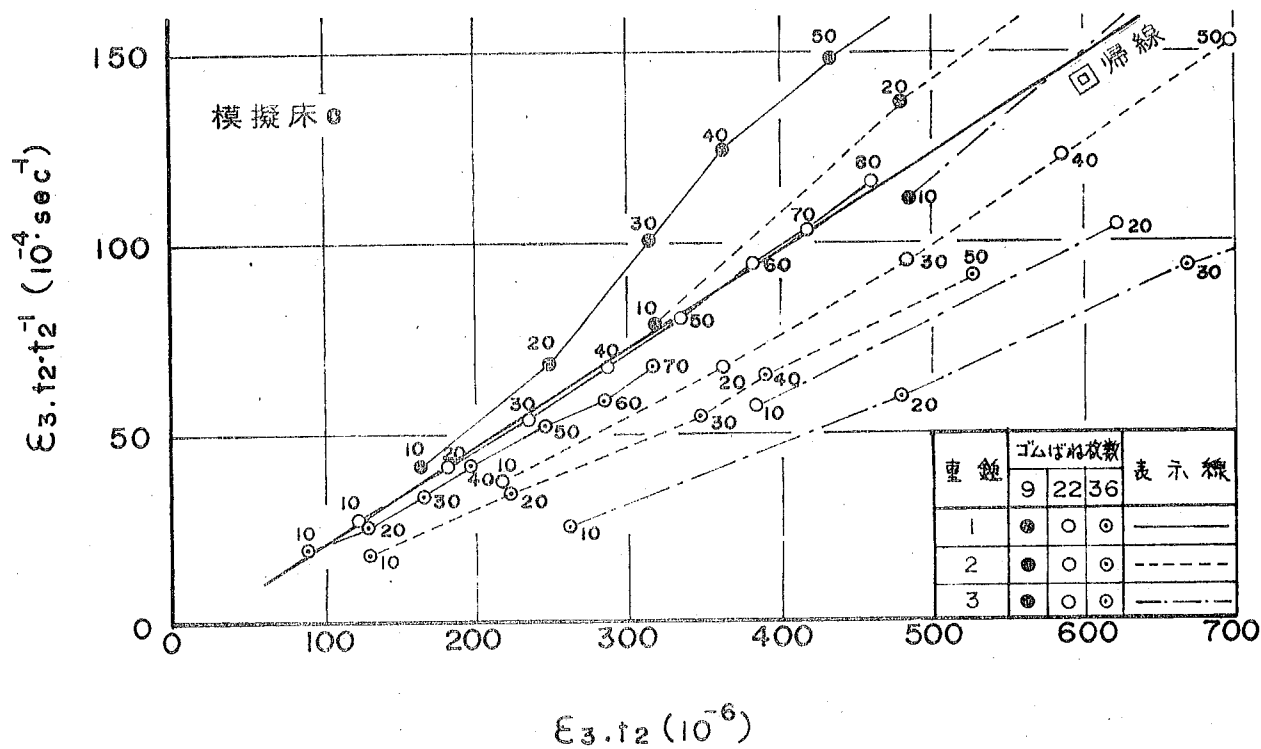
図 - 4 ・ 7 電磁オシログラムの一例

表 - 4 ・ 3 $\epsilon_{1.t_2} / \epsilon_{3.t_2}$ の例

模 擬 床	被験者 6 が着地した場合				重錘 1 が落下した場合				
	$\frac{\epsilon_{2.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$	$\frac{\epsilon_{4.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$	$\frac{\epsilon_{1.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$	$\frac{\epsilon_{5.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$	落下高 H cm	$\frac{\epsilon_{2.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$	$\frac{\epsilon_{4.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$	$\frac{\epsilon_{1.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$	$\frac{\epsilon_{5.t_2}}{\epsilon_{3.t_2}}$
a	0.58	0.68	0.25	0.25	20	0.63	0.65	0.28	0.30
	0.61	0.67	0.25	0.27	40	0.64	0.65	0.31	0.30
	0.62	0.64	0.27	0.21	70	0.63	0.66	0.31	0.32
	0.63	0.68	0.25	0.26	80	0.66	0.65	0.30	0.27
	0.68	0.67	0.28	0.24					
c	0.71	0.68	0.38	0.37	20	0.74	0.75	0.45	0.46
	0.69	0.69	0.38	0.39	40	0.77	0.75	0.47	0.48
	0.72	0.72	0.38	0.39	70	0.78	0.79	0.50	0.49
	0.69	0.69	0.36	0.36	80	0.77	0.77	0.48	0.48
	0.70	0.77	0.39	0.38					



(イ)



(ロ)

図-4.8 置換実験結果

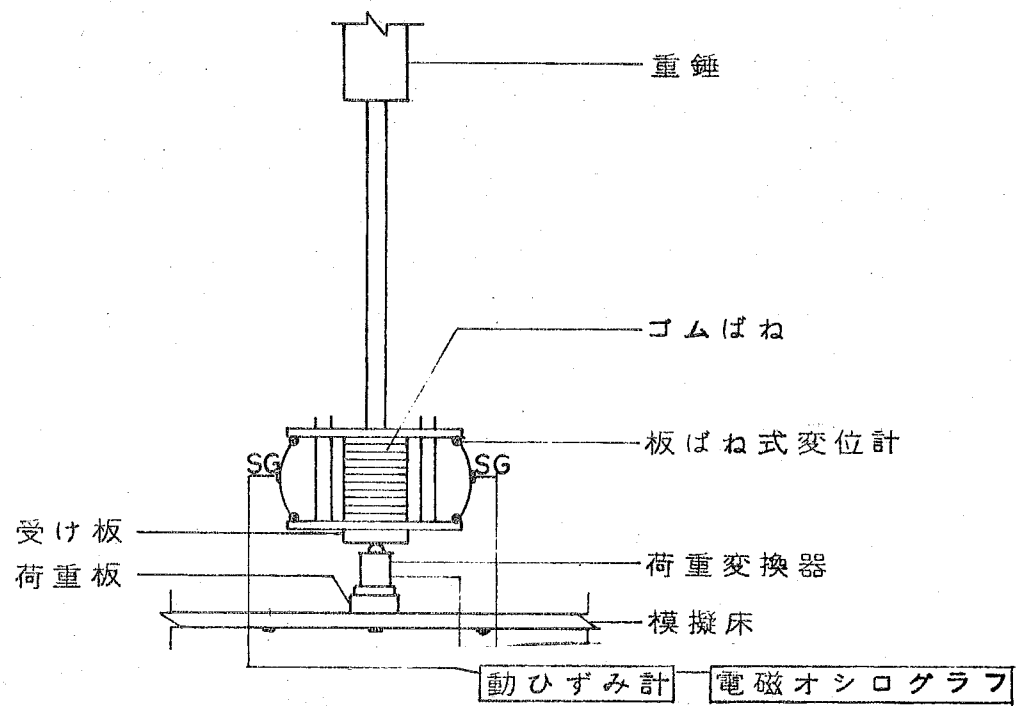


図-4・9 ゴムばねの荷重-変形の関係の測定装置

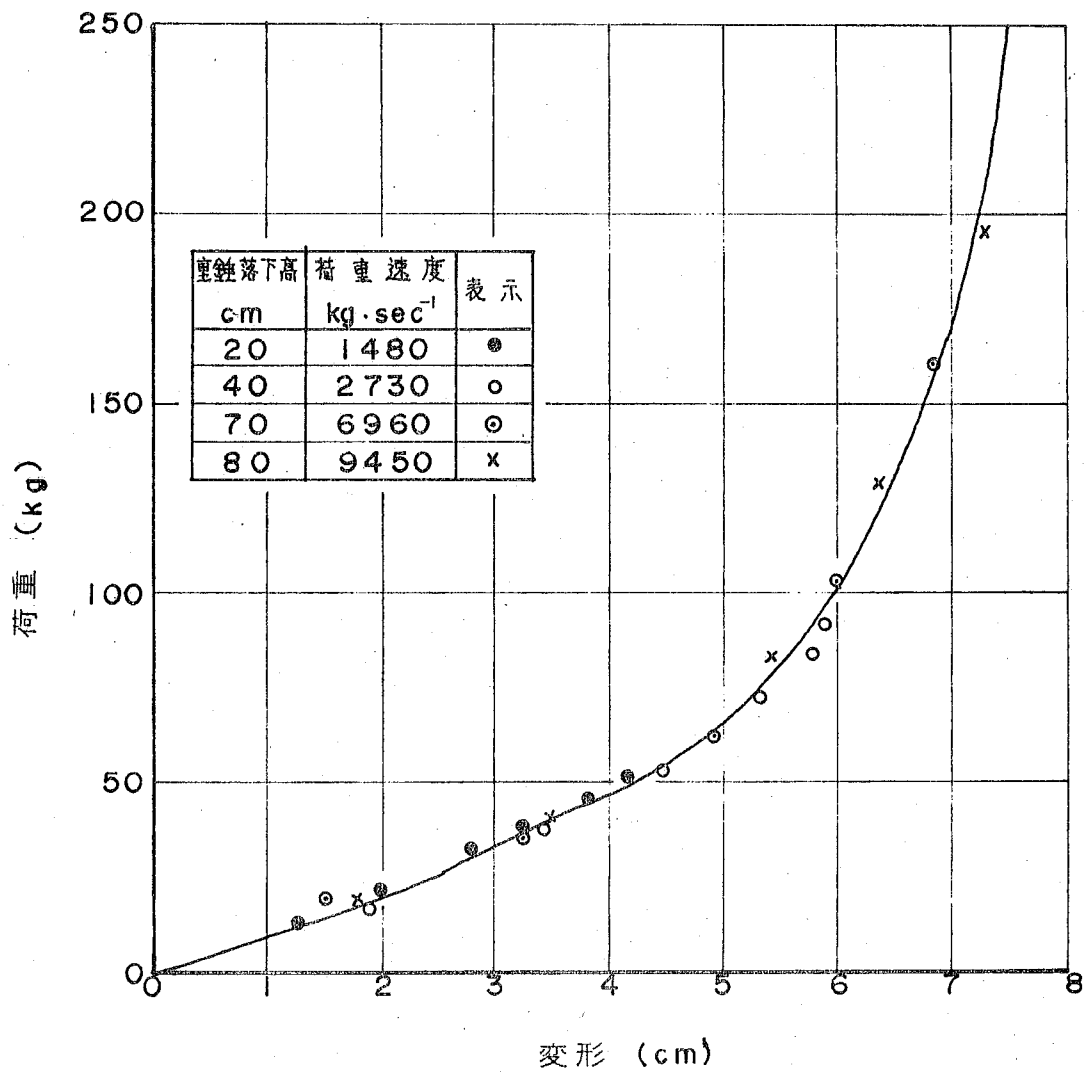


図-4・10 ゴムばねの荷重-変形の関係

—4.9のように，図—4.5に示した実験装置のゴムばね部分に板ばね式変位変換器，受け板と荷重板の間に荷重変換器を具備し，重錘を落下高 20, 40, 70, 80^{cm} から落下してゴムばねの荷重—変形の関係を測定した結果が図—4.10で，本実験の範囲では荷重速度に関係なく次式で表わされる硬性ばねであることが判明した。

$$P = 54.5 \tan(1.024 \times S)^\circ \quad (4.3) \quad \begin{array}{l} P(\text{荷重}) : \text{kg} \\ S(\text{変形}) : \text{mm} \end{array}$$

以上から，運動時に人間が床にあたえる代表的荷重を再現する荷重体と，

重錘重量：5^{kg}

落下高さ：20 ～ 80^{cm}

ゴムばね： $P = 54.5 \tan(1.024 \times S)^\circ$, ($P : \text{kg}$, $S : \text{mm}$)

なる組合せの機械的荷重体として求めることができた。

4.4.2 接地面積の測定および置換

第3章における模擬床の荷重—変形の較正および4.4.1の置換実験における荷重面積は半径2.5^{cm}の円に囲まれる面積とした。これは模擬床が単純支持形式で支持間隔が荷重分布幅に比較して大きいため，これまでの研究の範囲では，荷重面積の変化によつて模擬床の変形性状に大きな変化が生じないことを理論的に確かめ，かつ， $\varepsilon_{i.t2} / \varepsilon_{s.t2}$ の値の比較により実験的にも明らかにできたためである。

しかし，実際の体育館の床は，たとえば，木造組床の場合，床板の支持間隔が小さいこと，また，高分子材料を使用した塗床の場合は局部的に変形すること，などから，これらの床の変形性状は荷重面積によつて影響を受けると考えられるので，実際の床の変形挙動を測定する場合は荷重面積を充分考慮する必要がある。

既往の研究では，F.C. Harper 氏，今泉勝吉博士，胡占星博

士の各氏が透明板の上を歩行させた時の着地面と靴との接触部分を裏面から写真撮影して接地面積を動的に求めているが、いずれの結果においても接地面積が時間とともに増減することが明らかになっている。^{11), 13), 8)}

本来ならば、本研究においても写真撮影などの手法により、接地面積を動的に測定して装置へ組み入れるべきであるが、本研究で採用した動作（垂直跳び→片足着地）で着地した場合は図-4-11のようにつま先部分が着地面にほぼ平行に接触するため、歩行の場合にくらべて接地面積の時間変化の割合がすくないと考えられること、接地面積の時間変化を測定できたとしても非常に複雑と考えられること、などから本研究においてはつぎのような考え方で接地面積を決定し装置へ組み入れることとした。

1. 時間変化をもつ接地面積を再現性のすぐれた機械的接地体に置換して、弾力性測定装置へ組み入れることは非常に困難である。

2. 荷重面積により床の変形性状に差異が生ずるのは明らかであるが、前述したように、接地面積の時間変化の割合はすくないと考え、接地面積の最大値を求めて、その値を荷重面積の最大値とし、測定は、最大値を上限として以下何段階かの荷重面積を設定して行ない、荷重面積の変化による床の変形性状の変化を解析し、実状と合致する荷重面積を逆に推定する方法を採用しても、本研究の目的には充分と考えられる。

3. 接地面積の最大値はズツク靴の底の大きさ、形状などにより変化するので、素足で測定した値を最大接地面積とし、最大接地面積と等しい面積を有する円に囲まれる面積を最大荷重面積とする。

以上の考えのもとに、6名の被験者の足裏にエナメルを塗布し第3章における動作と同じ動作で着地させた時の足型を

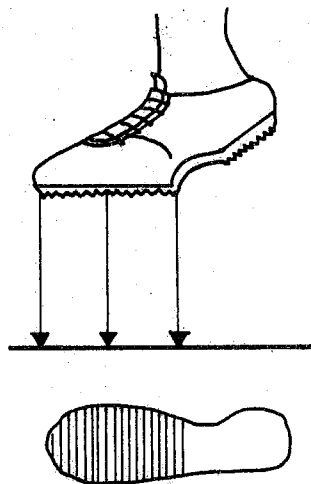


図-4・11 着地状況

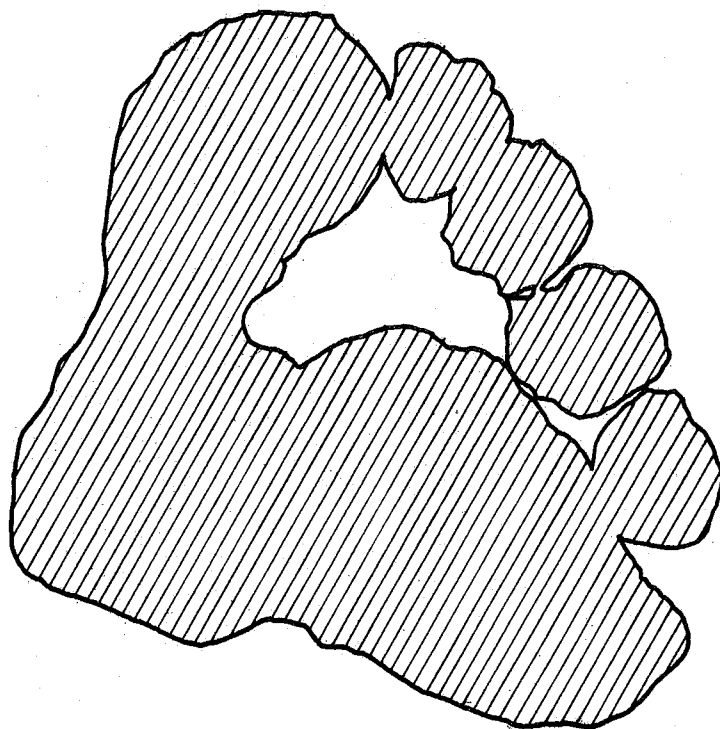


図-4・12 接地足型の一例

表-4・4 接地面積

被験者	年齢 才	身長 cm	体重 kg	足長 cm	足幅 cm	接地面積 cm ²	等価面積円半径 cm
1	25	167	60	24.9	10.5	54.1	4.1
2	27	176	65	25.5	9.8	53.1	4.1
3	24	173	62	26.4	9.7	52.7	4.0
4	23	170	57	23.8	9.5	55.1	4.1
5	27	165	55	24.0	9.4	58.3	4.3
6	22	162	56	22.8	8.6	41.4	3.6

取つた一例が図-4.2で、その面積をプランメーターで測定した結果が表-4.4である。

足長、足幅と接地面積との相関関係は得られなかったが、所定の動作による接地面積は得ることができた。

これより、弾力性測定装置に組み入れる荷重板の最大半径は 4.5^{cm} 程度で充分であることが判明した。

4.4.3 不動点に関する検討

床の絶対変形を動的に測定する方法には大きくつぎの2つが考えられる。

1. 不動点を設けて、変位計により直接変形を測定する。

2. 振動計を使用して間接的に変形を測定する。

2.の方法は不動点が不必要で好都合と考えられるが、本研究で必要とされる精度で絶対変形を測定するのは困難なので1.の方法によりざるを得ない。

ここで問題になるのは不動点の設定であるが、体育館の場合、測定点から不動点とみなし得る側壁あるいは天井までの距離が長く、常に不動であり得る不動点を設けることは厳密には困難と考えられる。しかし、ごく微小な振動の影響は無視できること、振動の伝達には時間が必要であり測定点の絶対変形を測定するために必要な時間内に、測定にさしさわりが生ずる程度の振動の影響が及ばない工夫をすることを前提とすれば一時的な不動点を設定することは可能である。

詳細は省略するが、束間隔 90^{mm} 、大引(断面 $90^{\text{mm}} \times 90^{\text{mm}}$ 、間隔 900^{mm})、根太(断面 $45^{\text{mm}} \times 45^{\text{mm}}$ 、間隔 450^{mm})、捨板(厚さ 18^{mm} 斜め張)、床板(厚さ 18^{mm})からなる大きさ $4000^{\text{mm}} \times 4000^{\text{mm}}$ の木造組床を製作し、その上で人間が垂直跳びをして片足着地した時に、着地点の床の変形が最大に達する時点までに床の振動が伝達する範囲を測定した結果、着地点から半径 2.5^{m} ぐらいの範囲まで影響することが明らかになった。

また、床の変形が最大に達した以後には、半径 2.5mm より広い範囲に振動の影響がおよぶが、床の上下方向の動きで見ると極く微小で本研究の範囲では無視できる程度であつた。¹⁵⁾

床構造および材料はさまざまなものが考えられるが、この結果から目安として、測定点から 3m 程度離れた所に床との接点をもつ支持体すなわち不動体を設ければ、すくなくとも初期の総体変形は測定できることが判明した。なお、このことに関する妥当性の証明は装置を試作してその性能を確かめる時点で論ずる。

以上、4.4.1, 4.4.2, 4.4.3 において体育館の床の弾力性測定装置を設計するために必要な基礎的資料を得ることができた。

第5節 体育館の床の弾力性測定装置の設計・試作

4.5.1 設計条件への対応

第3節で体育館の床の弾力性測定装置の設計条件を設定したが、この条件に対し、第4節の実験結果をおもな資料として、具体的につぎのことを対応事項として決定した。

1. 荷重体

4.4.1 の実験結果から、自由落下重錘（重量： 5kg ）とゴムばね（ $P=54.5 \tan(1.024 \times \delta)^\circ$ の関係をもつもの）からなる機械的荷重体とし、落下高さは 20cm から 80cm まで変化できるものとする。また、4.4.2 の結果から、荷重板は直径がおのの 90mm , 70mm , 50mm の円板とする。

2. 床の動的変形挙動の測定

荷重交換器は交換器自体の変形が床の変形にくらべて無視できるものを使用する。変位交換器は高速度の変形に追従でき、かつ、変形による抵抗のない形式のものを使用する。また、絶対変形を測定するには不動点が必要であるが、4.4.3

の結果から，測定点から約3^m離れた所に床との接点を持つ変位計支持体（不動体）を製作し，変位計設置部分が不動点として働いているかどうかの検定とできるように工夫する。また，測定には動的荷重および変形に追従できる測定機番と使用する。

3. 物理量Bの測定

重錘の反撓高さを測定できるようにする。

4. 運搬・その他

運搬を容易にするため組立て方式とし，部品の大きさは小型荷物車で運搬できる程度にする。また，測定時には測定者が測定点から離れて測定する必要があるので，遠隔操作ができるようにする。

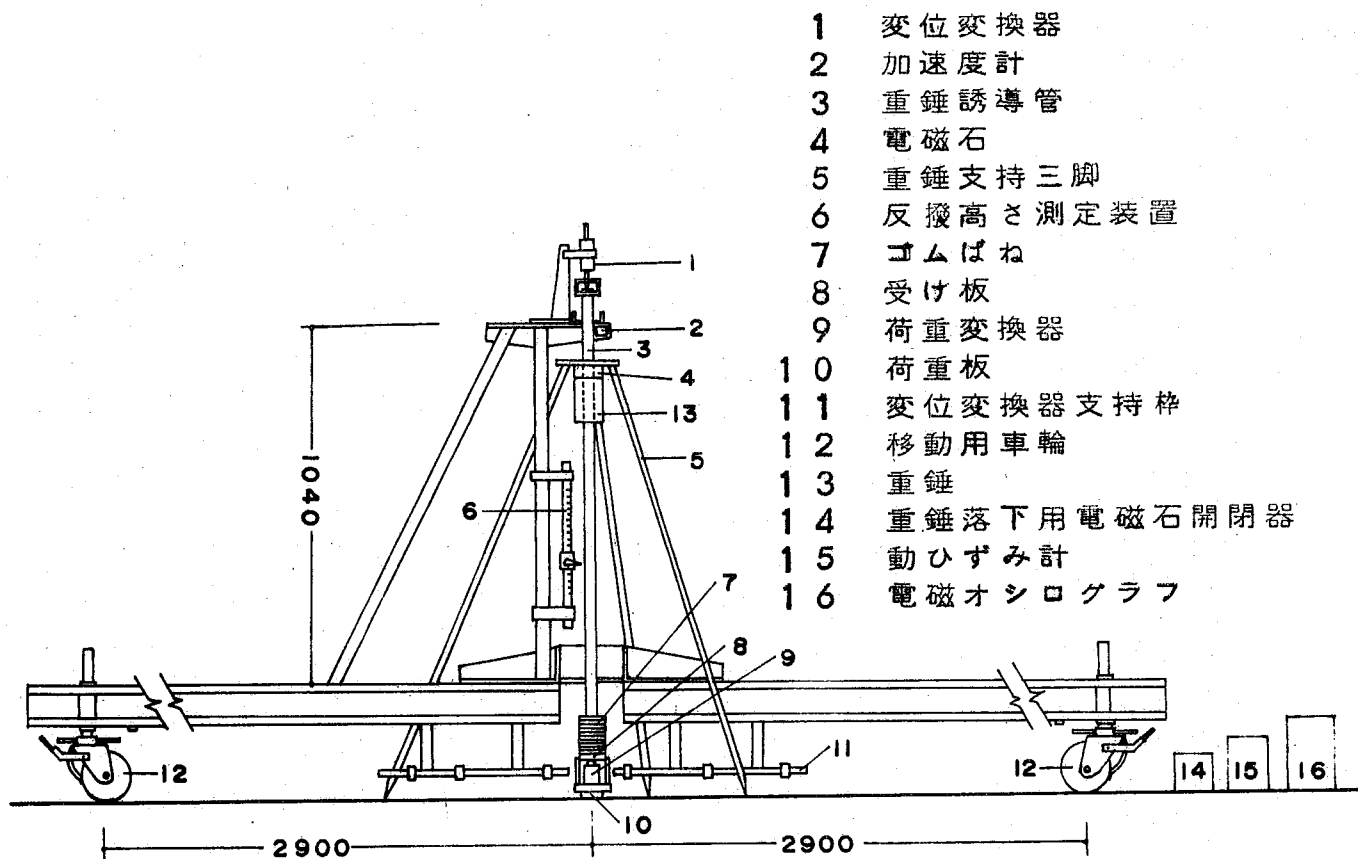
4.5.2 設計・試作結果

4.5.1の条件で設計を行ない，図-4-13，写真-4-1，写真-4-2に示した装置を試作した。

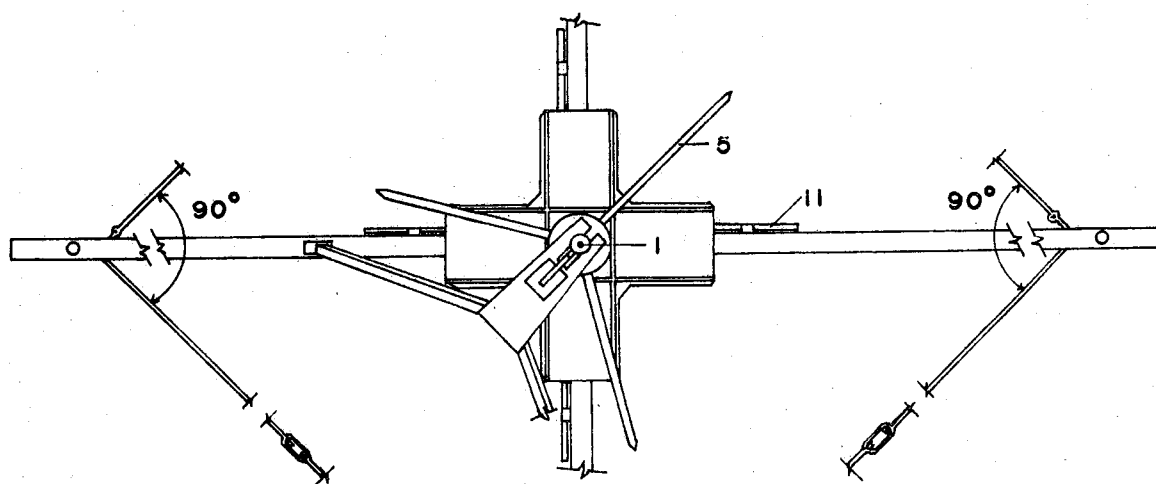
すなわち，測定点より2.9^m離れた個所に移動用ゴム製車輪の支点をもつ変位計支持体，重錘誘導管にそつて落下する重錘およびゴムばねからなる荷重体，重錘を所定の落下高さに支持する電磁石を取りつけた重錘支持三脚，重錘反撓高さ指示針および重錘反撓高さ目盛板からなる重錘反撓高さ測定器，荷重板，変位変換器，荷重変換器，動歪計および電磁オシログラフより構成されている。

測定現場において組立て，測定点に移動して設置し，重錘を三脚にとりつけた電磁石で所定の落下高さに保持し，電磁石への電流を切ることにより重錘を自由落下させ，その時の床の動的変形挙動を誘導管の頂部に取りつけた変位変換器および荷重板と受け板の間に取りつけた荷重変換器で検出する。

重錘の反撓高さは反撓高さ指示針によつて指示された目盛板の目盛に示される。

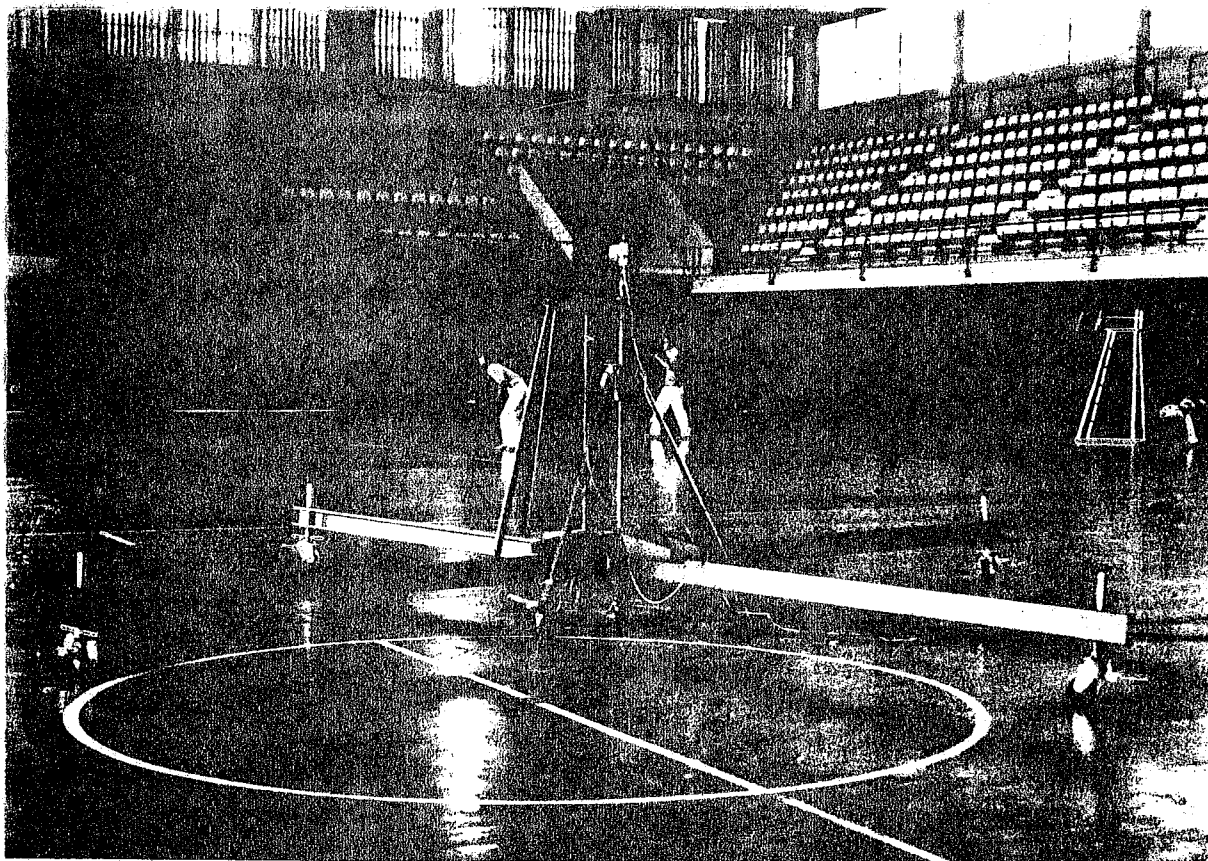


平面図

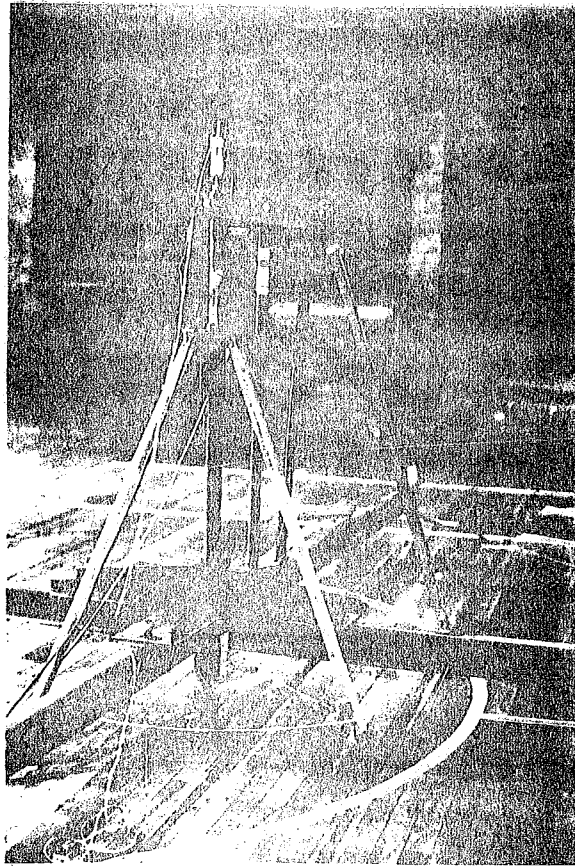


立面図

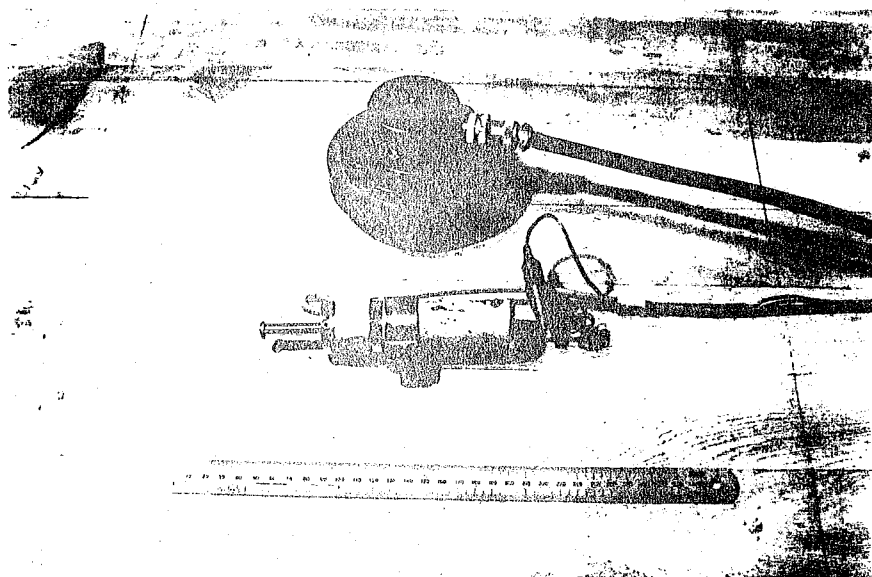
図-4・13 体育館の床の弾力性測定装置



写真一4・1 体育館の床の弾力性測定装置

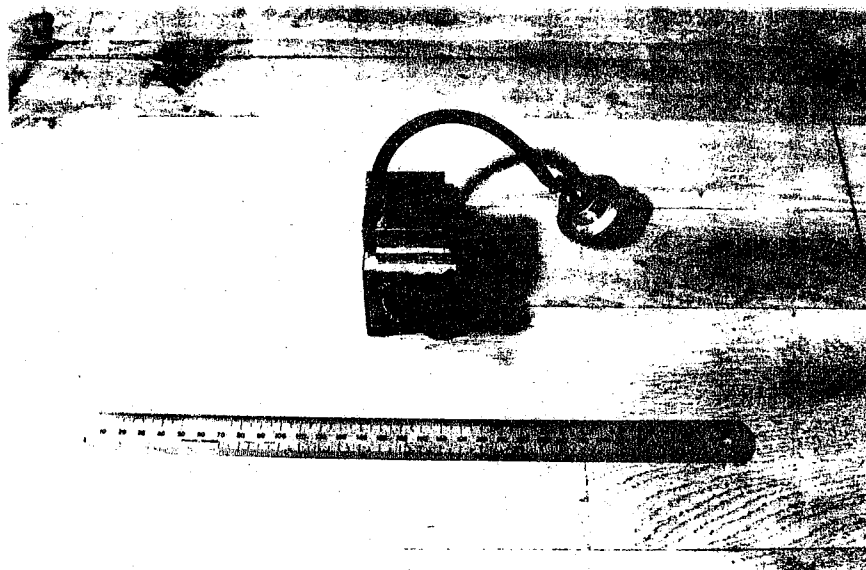


(イ) 中央部分

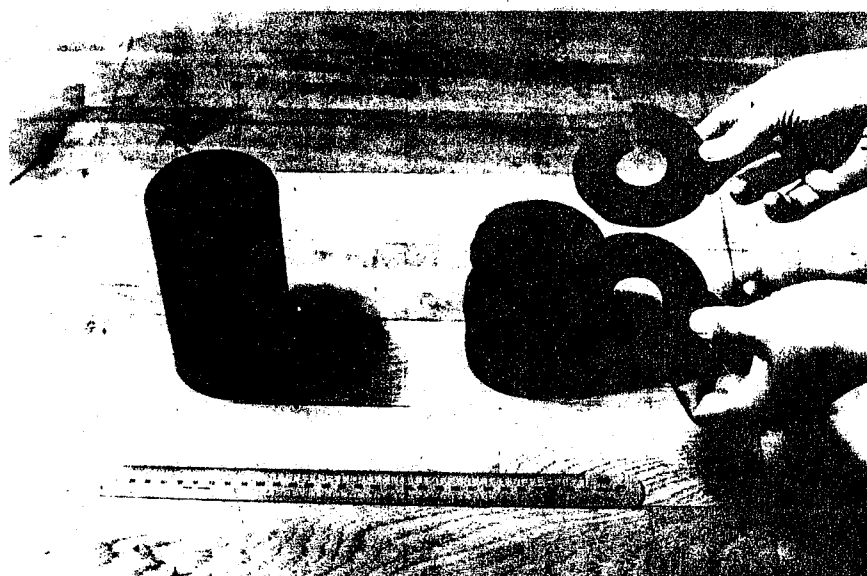


(ロ) 変位変換器および荷重変換器

写真一4。2 弾力性測定装置部分

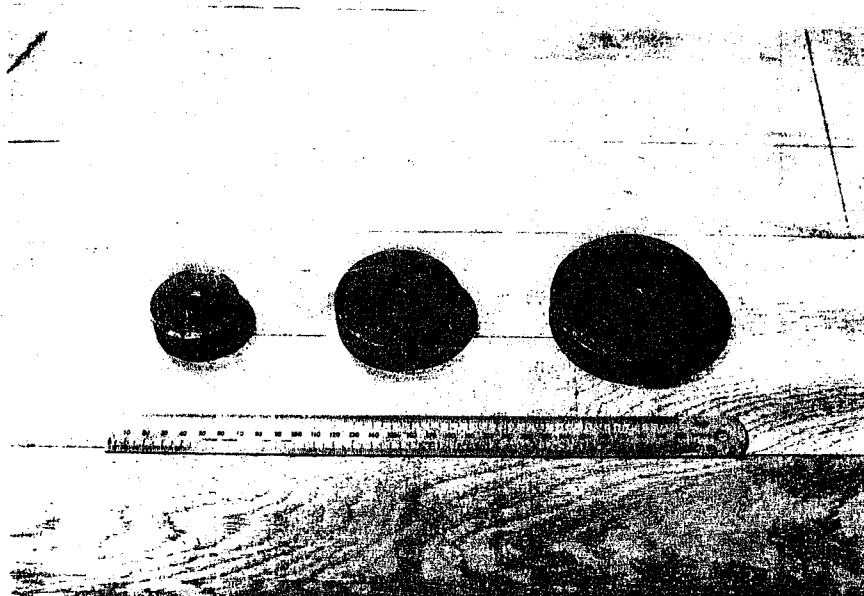


(ハ) 加速度計

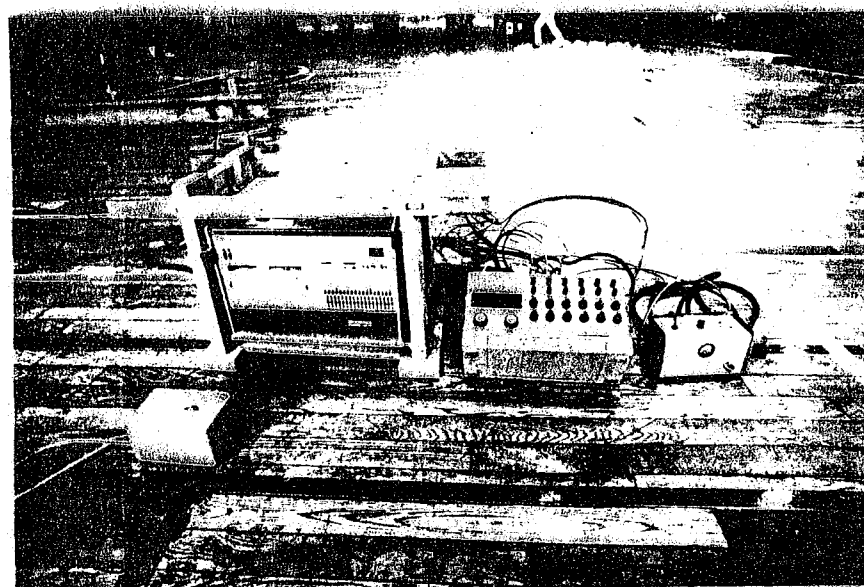


(ニ) 重錘およびゴムばね

写真-4・2 弾力性測定装置部分



(水) 荷重板



(へ) 測定機器

写真-4・2 弾力性測定装置部分

また、不動体としての検定は、変位変換器支持体の変位変換器固定個所にとりつけた加速度計で変位変換器支持体の振動、および変位変換器から得られる床の変形曲線の乱れを監視することにより行なう。

変位変換器は変位に対する抵抗のない電磁式変位計で有効検長が 50^{mm} 、荷重変換器は容量が 500^{kg} 、加速度計は容量が $\pm 2g$ の振子型である。

荷重板は鋼製円板で直径が各々 90^{mm} 、 70^{mm} 、 50^{mm} の3種である。

なお、主要部分の重量はつぎのとおりである。

重	錘	: 5.00^{kg}
誘導管 + ゴムばね	:	6.50^{kg}
荷重変換器	:	2.88^{kg}
荷重板	{ $R = 90^{\text{mm}}$:	1.00^{kg}
	{ $R = 70^{\text{mm}}$:	0.59^{kg}
	{ $R = 50^{\text{mm}}$:	0.29^{kg}

第6節 体育館の床の弾力性測定装置の性能

本装置の性能のうち特に重要なのは、変位変換器支持体が不動体として有効に働いて床の動的変形拳動を測定できるか、また、重錘がいつも同じ状態で落下するかどうかの点である。これらに関して実験を行つた結果はつぎのようである。

4.6.1 不動体の性能

図-4-14は変位変換器支持体が不動体として有効に働いて床の動的変形拳動をよく測定できるかどうかの検定を行なうために、体育館の床に試作した弾力性測定装置を設置し、測定点から 145^{cm} 離れた床上 (A_1 点)、測定点から 290^{cm} 離れた床上 (A_2 点)、変位変換器固定部分 (A 点) の各個所に加速度計を設置し、重錘を 80^{cm} の高さから落下した時の測定点の動的変

形挙動および床の振動の伝播状況を測定した電磁オシログラムの一例で〔A₁〕,〔A₂〕,〔A〕は各々A₁点, A₂点, A点に設置した加速度計の記録,〔L〕は荷重,〔D〕は床の変形の記録を示すものである。なお床は東京工業大学体育館の木造床である。

図から, 重錘による荷重が床に作用し始めてから床の振動が変位変換器支持体と床との接点(A₂点)に到達するまでに約3/100 SECの時間を要し, その影響が変位変換器固定部分(A点)に到達するまでには約4/100 SECの時間を要することがわかる。

一方, 床の変形は約2.5/100 SECで最大になるので, すくなくとも初期高速度荷重下における床の変形を測定する間は変位変換器固定部分が不動点として働き得ることが認められる。

なお, A点に加速度が生じているが, 本実験の際レベルで変位変換器固定部分を監視した結果, レベルで見た肉眼の範囲では上下方向の揺れはまったく認められず, かつ, 床の変形曲線に不規則な乱れがないことから, 本研究の目的の範囲では変位変換器支持体が不動体として有効に働いているとみなすことができ, 床の動的変形挙動をよく測定できるといえる。

なお, 床の振動の伝播性状は床の諸性状により変化するので, この一例によりいかなる場合にも不動体として働き得るとは断言できないので, 測定時には, 変位変換器固定部分に加速度計を常備し加速度計の振れと, 床の変形曲線の乱れを監視して, 不動体としての性能をつねに検討しなければならない。

4.6.2 荷重体の性能

荷重体としての精度は反撓高さの精度と同じに考えてよい。

表一4.5にコンクリート床版上で重錘の反撓高さを測定した結果を示した。反撓高さの標準偏差が非常に小さいことから,

反撓高さの精度は高く、重錘はつねに同じ状態で落下し、床に所定の荷重をあたえているといえる。

4.6.3 その他の性能

装置の機構は簡単なもので、上記の性能以外に特に問題になる個所はないと考えられる。

ただし、ゴムばねの力学的性質は種々の条件により変化することが考えられる。

図-4-5に剛床上に本装置を設置し、重錘を所定の落下高さから落下した時に荷重変換器にあたえられる最大荷重の経時変化を示した。

同じ落下高さにおける値は、日時が異なつてもほとんど同一であり、ゴムばね製作時から現時点まではゴムばねの力学的性質に変化がないといえる。しかし、この結果から将来ともゴムばねの力学的性質に変化が生じないとは断言できないので、常に較正を行ないながら測定しなければならない。将来は半永久的なばねに置換する必要があると考える。

4.6.4 体育館の床の弾力性測定装置から得られる資料の性格

本装置は重錘とゴムばねによつて床に所定の荷重をあたえた時の床の動的変形挙動を測定するものであり、変形が最大に達するまでの変形一時間の関係は人間が床に着地した場合のそれと同一とみなせるものである。

しかし、変形が最大に達した以後の床の変形は、人間が床に載つている場合のそれとは同一ではない。この差はおもに人体と本装置の加荷重部分の重量の差および付加振動に対する減衰性能の差から生ずると考えられる。

人間が載つている場合の床の変形と同一のものを得るためには、本質的には人体と同様の重量・機構をもつ荷重体を設定しなければならないが、このことを具現するには非常な困

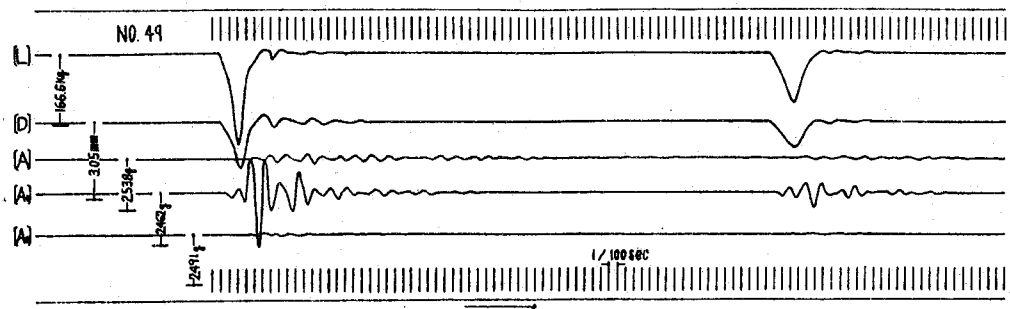


図-4・14 電磁オシログラムの例

表-4・5 重錘の反撥高さ

落下高 cm	反撥高 cm	平均値 cm	標準偏差 cm	落下高 cm	反撥高 cm	平均値 cm	標準偏差 cm	落下高 cm	反撥高 cm	平均値 cm	標準偏差 cm
30	16.3	16.5	0.20	55	33.2	33.2	0.14	80	49.7	50.5	0.47
	16.2				33.1				49.9		
	16.5				33.2				50.9		
	16.3				33.4				50.2		
	16.5				33.6				51.2		
	16.4				33.1				51.0		
	16.7				33.2				50.5		
	16.5				33.2				50.6		
	16.9				33.2				50.4		
	16.7				33.1				51.0		

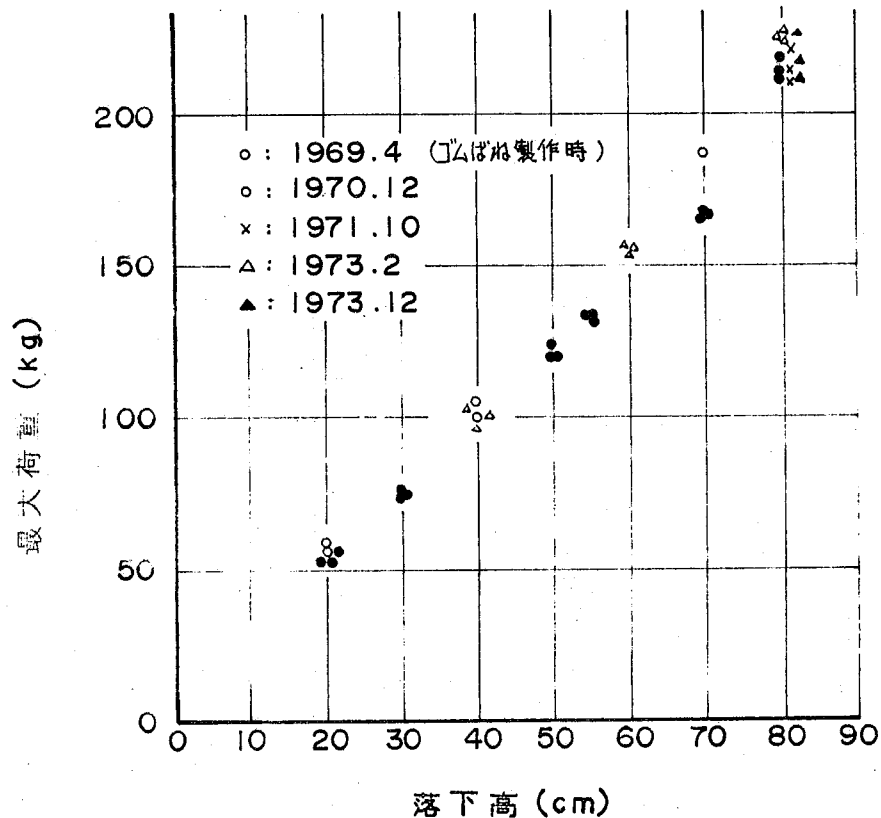


図-4・15 剛床上にあたる最大荷重の経時変化

難をともなうと考えられたので、このことに関する置換はしていない。

研究の進展にともなつて、床の変形が最大に達した以後の床の変形挙動が、弾力性の観点から重要な部分になることが判明した場合は、つぎのような考えで対処することとする。

現段階で問題となるのは、床の振動の振幅、振動の減衰などと想定できるが、これらの値に関して、人間の場合と装置の場合とでは密接な相関があることが明確なので、装置から得られる値を絶対的な値として把握するのではなく、人間の場合の値と密接な相関をもつ相対的な値として把握し、弾力性に関する使用感との関連を追究する。

本装置の加荷重部分の重量も明確なので、このような考え方で変形が最大に達した以後の変形を取り扱つても不都合はないと考える。

第7節 結論

体育館の床の弾力性は、人間が床上で運動動作をする時の床の動的変形挙動がその基本になるという考えから、人間が跳躍して着地する時に床にあたえる荷重を再現できる機械的荷重体を求め、その荷重体で所定の荷重を床に作用させた時の床の動的変形挙動を測定できる体育館の床の弾力性測定装置を試作してその性能実験を行ない、本研究において充分使用できる性能をもつことを確かめた。

本装置は、装置から得られる床の物理量と弾力性に関する使用感との関連を究明してはじめて完成するものであり、本章の段階では完全な姿ではないが、使用感と関連する物理量の大半は本装置の測定資料より得られると考える。

第5章 体育館の床の弾力性測定装置による実地測定

概 要

体育館の床に関する使用感調査結果から、弾力性に関する使用感の良否の傾向が明確な5つの体育館の床を実地測定対象体育館床として選定し、設計・試作した体育館の床の弾力性測定装置を用いて実地測定を行った。

その結果使用感上床が“かたい”、“やわらかい”という感覚に対応する物理量としては、床の動的荷重—変形曲線から得られる床の変形エネルギーが妥当なこと、弾力性に関連すると想定される床の振動の最大振幅、振動の減衰時間などの値も検出できること、重錘の反撓高さは有効な資料とならないことなどの知見を得て、弾力性測定装置の妥当性を実証するとともに、実存する体育館の床における各々の物理量の値の範囲を把握した。

第1節 目的

設計・試作した体育館の床の弾力性測定装置を用いて、弾力性に関する使用感調査の結果から使用感の傾向が明確な体育館の床を選定して実地測定を行ない、使用感と弾力性に関係すると想定される床の物理量との関連を推察しながら、弾力性測定装置の妥当性を検討し、かつ、実存する体育館の床における物理量の値のおおまかな範囲を把握することを目的とする。

第2節 測定方法および測定経過

5.2.1 測定対象体育館の選定

第2章における体育館の床の使用感に関する調査において、使用頻度の高い体育館の中から、弾力性に関する使用感の傾向が明確な床をもつ5つの体育館を測定対象体育館に選定した。表-5-1に使用感に関する調査結果とともに対象体育館を示した。

なお、第2章の弾力性に関する使用感調査においては、弾力性の意味を“かたい”“やわらかい”としたので、厳密には弾力性全体の内容を包含していない。しかし、運動競技者は弾力性を“かたい”“やわらかい”と表現することが多く、かたさ・やわらかさが弾力性の内容の大きな部分を占めていることは間違いないと考えられる。

本章で選定した体育館の床は、厳密な意味での弾力性の良否から選定したのではなく、かたさ・やわらかさを基準として選定したが、上述した理由から、実存する体育館の床の範囲では狭義の弾力性を基準として選定したとみなしてよいといえる。

5.2.2 測定点の選定

測定を行なうにあたって、同じ体育館の床でもさまざまな

表 5・1 測定対象体育館

体 育 館 名	記入者 総 数	か た す ぎ る								ち ょ う ど よ い								や わ ら か す ぎ る								床 種 類	
		ト ン ミ ン	バ ド ミ ン	ト ボ ー ル	バ ス ケ ツ	バ レ ー ボ	ハ ン ド ボ	計	ト ン ミ ン	バ ド ミ ン	ト ボ ー ル	バ ス ケ ツ	バ レ ー ボ	ハ ン ド ボ	計	ト ン ミ ン	バ ド ミ ン	ト ボ ー ル	バ ス ケ ツ	バ レ ー ボ	ハ ン ド ボ	計					
		男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女				
世 田 谷 区 体 育 館	8 6	38	38			6				82	2			2			4								0	塗 床	
東 京 都 体 育 館	7 4	2	1	1	1	18	18	9		50			1	14	6	2	23					1			1	〃	
目 黒 区 体 育 館	6 9	1	1			1				3	20	38	4	3	1		66								0	木 造 床	
青山学院大学体育館	2 3									0	4	8	8	1			21					1	1		2	〃	
千代田生命 体育館	7									0			1				1							6		6	〃

(人)

床がかたすぎる体育館

原因で、場所により弾力性に関係すると考えられる床の性状が異なっていることが予想されたため、測定点の選定にあたってつぎの点に留意した。

- 木造床の場合，束・大引・根太の位置関係，床板のおさまり具合の差異によつて床の性状に差がないか。
- 塗床の場合，塗床材料の塗厚の差異などによつて床の性状に差がないか。
- 使用頻度の差異（たとえば，バスケットボールコートゴール下とフロアー中心部など）によつて床の性状に差がないか。

これらのことを検討するため，測定者4人が測定対象体育館の床で，跳躍→着地の動作を行ないながら床の性状の差異を判定した結果はつぎのとおりである。

- 世田谷区体育館，東京都体育館の場合
いかなる差も認められなかつた。
- 目黒区体育館，青山学院大学体育館の場合
大引・根太の存在による差だけが認められた。
- 千代田生命体育館の場合
大引・根太の位置が不明なため，その存在による差を確かめることはできなかつたが，使用頻度による差（バスケットボールコートゴール下の部分とフロアー中心部分）は明確に認められた。

これらの結果をもとにしてつぎのように測定点を選定した。

世田谷区体育館・東京都体育館の場合は，フロアー中心部においてコンクリート床梁上の点(A)とコンクリート床版の中心点(B)の2点，目黒区体育館・青山学院大学体育館の場合はフロアー中心部において3点（A：大引と根太が重なる点，B：大引上で根太間の中心点—目黒，根太上で大引間の中心点—青山，C：大引と根太に包围された部分の中心点），

千代田生命体育館の場合はフロアー中心部の点(A)とバスケットボールコートゴール下の点(B)の2点，をそれぞれ測定点として選定した。

これらの概要を床構法の概要とともに図-5-1に示した。

5.2.3 測定経過

測定対象体育館に弾力性測定装置を運搬して組立て，測定点に移動して設置し測定を行なった。

測定の条件はつぎのとおりである。

- 重錘の初期落下高さ(H)は80^{cm}で，重錘の2度目のはねかえりまで記録し，1回の測定で2種の落下高さの測定を行なう。それゆえ，2度目の重錘の落下高さは1度目の反撓高さになる。

- 荷重板は3種(直径90^{mm}，70^{mm}，50^{mm})使用する。

- 測定回数は，測定点1箇所，1種の荷重板につき5回で，うち，1回だけ床の動的変形挙動の測定を行ない，残り4回は重錘の反撓高さだけの測定とする。荷重板が3種なので結局測定点1ヶ所につき測定回数は5回，うち動的測定は3回，1・2回は重錘の反撓高さだけを測定する。

- 電磁オシログラフのチャートスピードは50^{cm}/sec，タイミング標示は0.01secとする。

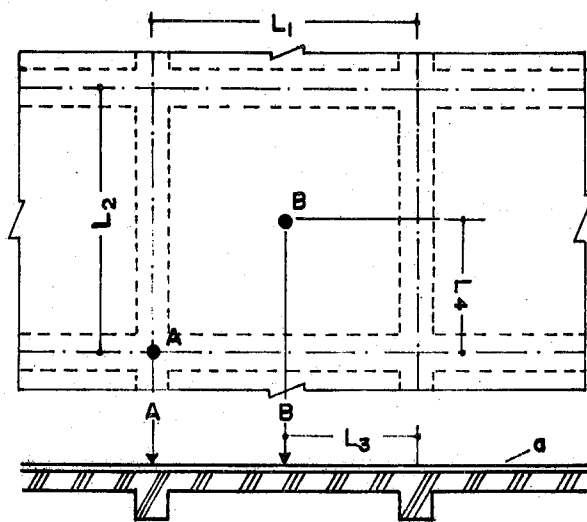
- 測定はほかからの振動の影響がないよう体育館の利用者のいない早朝および夜半すぎに行なう。

第3節 測定結果

図-5-2(イ)~(イ)に測定で得られた電磁オシログラムの代表例を示した。

(L)は荷重，(D)は床の変形，(A)は変位変換器固定部分に設置した加速度計の加速度記録を示す。

加速度の記録から明らかなように，重錘が落下してゴムば



a : 塗床 (ネオテックス+コルク)

厚 18 (世) 厚 20 (東)

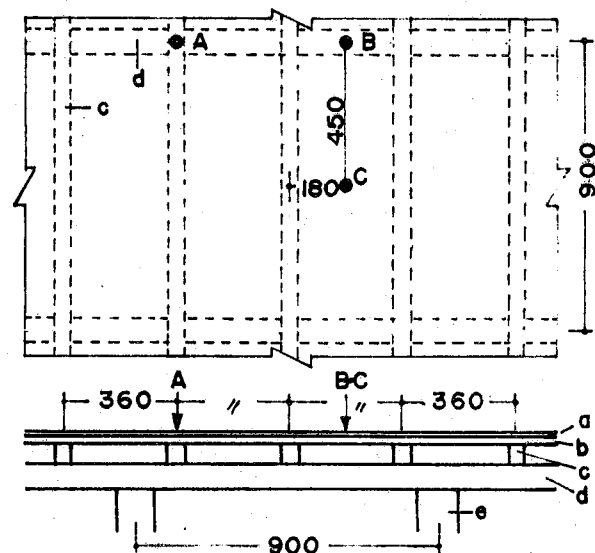
L1 : 4700 (世) 3000 (東)

L2 : 4700 (世) 3000 (東)

L3 : 2350 (世) 1500 (東)

L4 : 2350 (世) 1700 (東)

世田谷区体育館, 東京都体育館



a : フローリングボード 厚 18

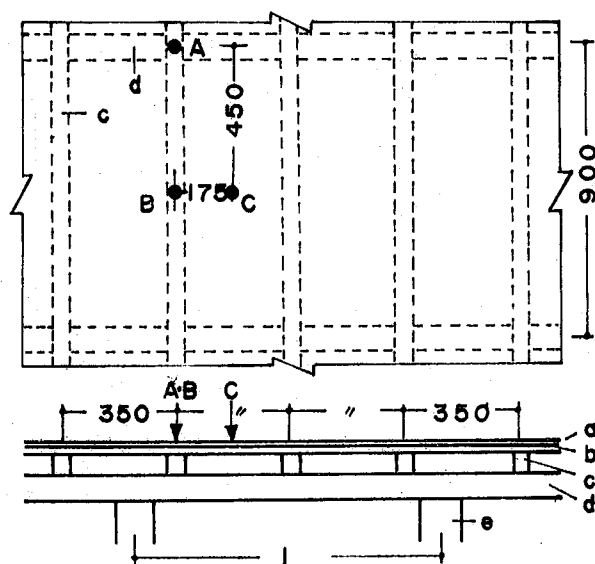
b : 捨て板 厚 18

c : 根太 50X40

d : 大引 90X90

e : 束

目黒区体育館



a : フローリングボード 厚 15

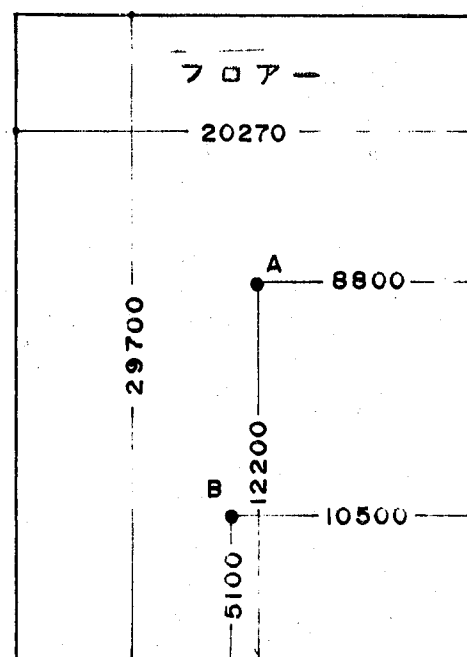
b : 捨て板 厚 18

c : 根太 45 x 60

d : 大引 100 x 100

e : 束 L (不規則)

青山学院大学体育館

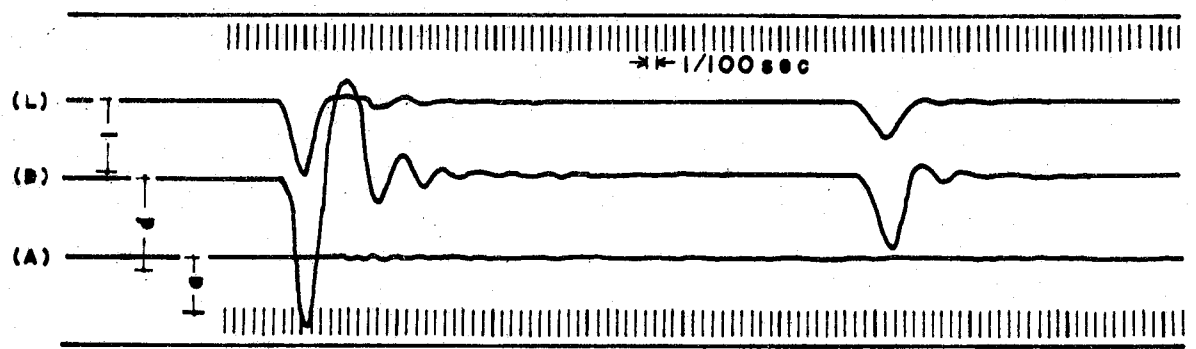


A : フロアー中央部

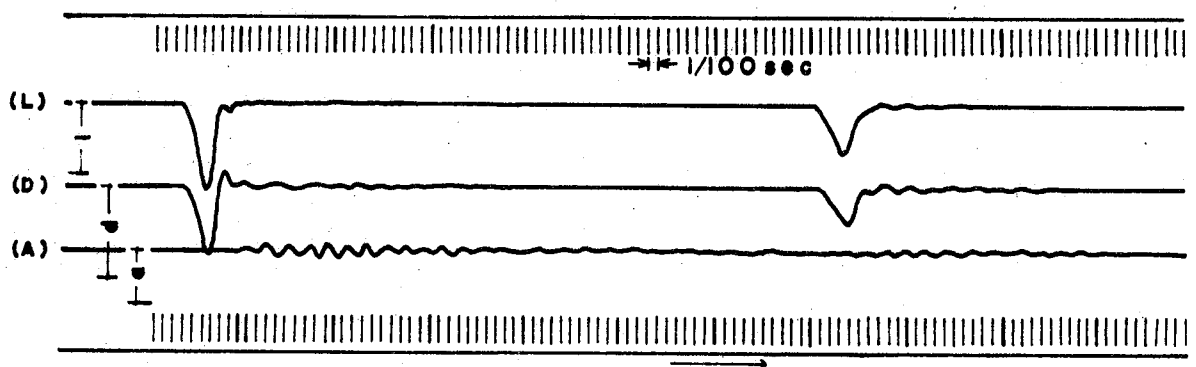
B : バスケットホールゴール下

千代田生命体育館

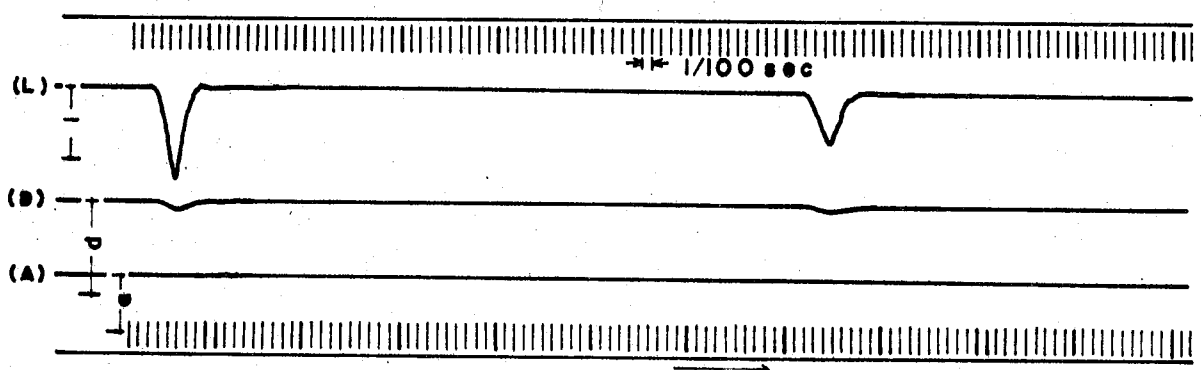
図-5・1 実地測定体育館床の概要および測定点



(イ) 千代田生命体育館B (荷重板径 70 mm)



(ロ) 目黒区体育館C (荷重板径 70 mm)



(ハ) 世田谷区体育館B (荷重板径 70 mm)

$l: 166.6 \text{ kg}$ $d: 3.05 \text{ mm}$ $a: 2.53 \text{ g}$

図-5・2 電磁オシログラムの一例

ねに接触してから床の変形が最大に達して、床の変形が復元するまでは加速度記録に振れがなく、かつ、床の変形記録に乱れがないことから、変位計支持体が不動体として有効に働いているといえる。

荷重および変形の記録には大きくふたつの波があり、これらをおのおの第1波、第2波とすれば、第1波は重錘が高さ80^{cm}から落下したときの記録、第2波は重錘が反跳して再度落下したときの記録である。

第4節 考察

5.4.1 床の荷重—変形曲線

図—5.3(イ)～(ウ)に各測定点において、重錘が落下した時に床の変形が最大に達するまでの動荷重下における荷重—変形曲線を示した。

図中の各数値は、たとえば、1—80—50は、1が第1波、80が重錘の落下高さ(cm)、50が荷重板の直径(mm)、つまり、波名—重錘の落下高さ—荷重板の直径を意味する。

変形が最大に達するまでに荷重が最大値より低下しているのは、床の質量による慣性のため荷重が最大に達した後も変形が増大するのがおもな理由と考えられるが、木造床(ホ—ウ)の場合にその傾向が著しく表われている。

荷重—変形曲線の形状を縦体的に比較すると、本造床(木)～(ウ)は(ウ)を除いて荷重と変形がほぼ直線的比例関係にある線形ばね型、(ウ)は荷重が増加するにつれて変形の増加の割合が増大する軟性ばね型、(イ)～(ニ)は荷重が増大するにつれて変形の増加の割合が減少する硬性ばね型、の形状に分類できる。(イ)～(ニ)はコルクとモルタルを混合したものを塗布した上に軟質合成樹脂を塗り重ねたもので、軟質合成樹脂の変形特性がわずかながら表われていると考えられる。

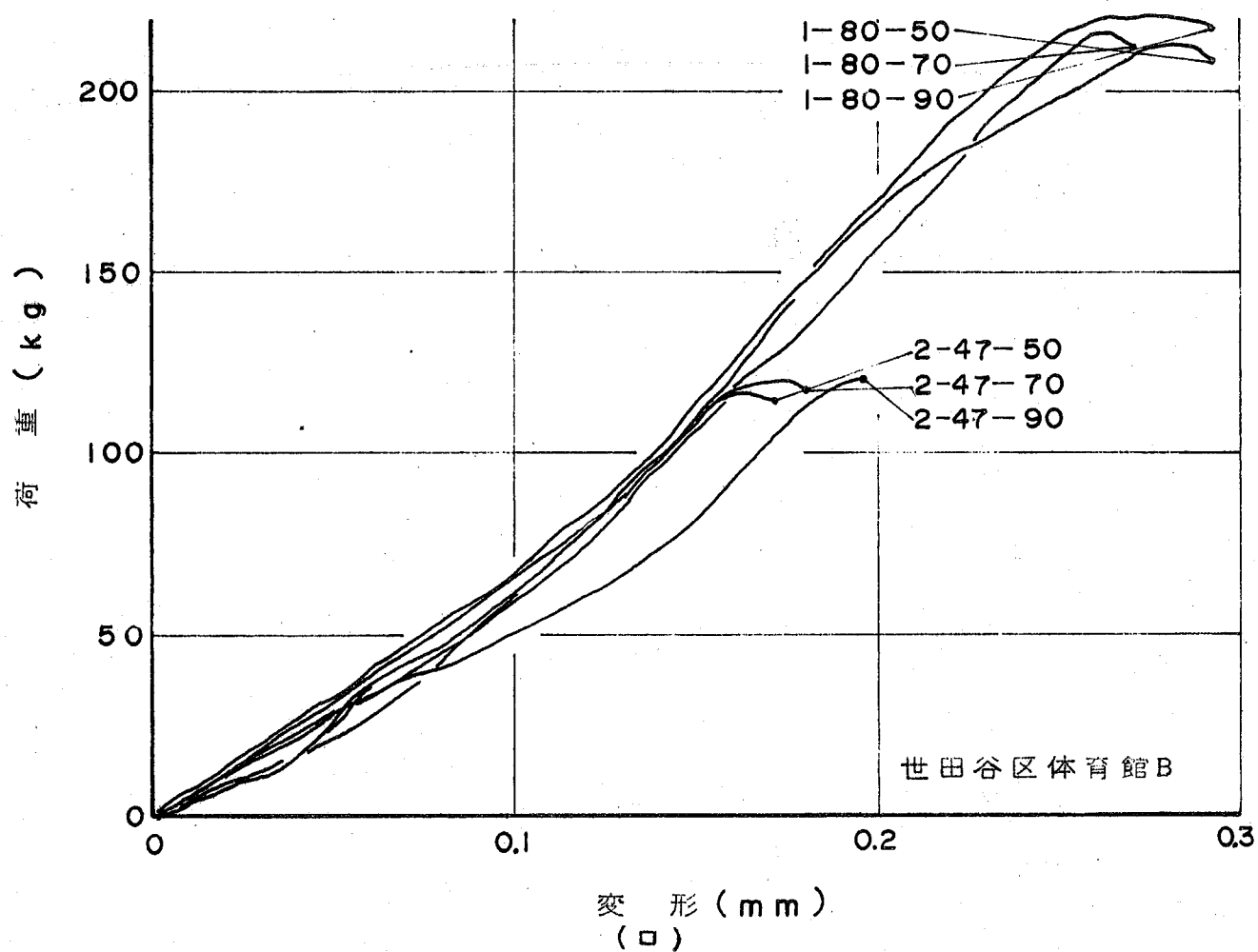
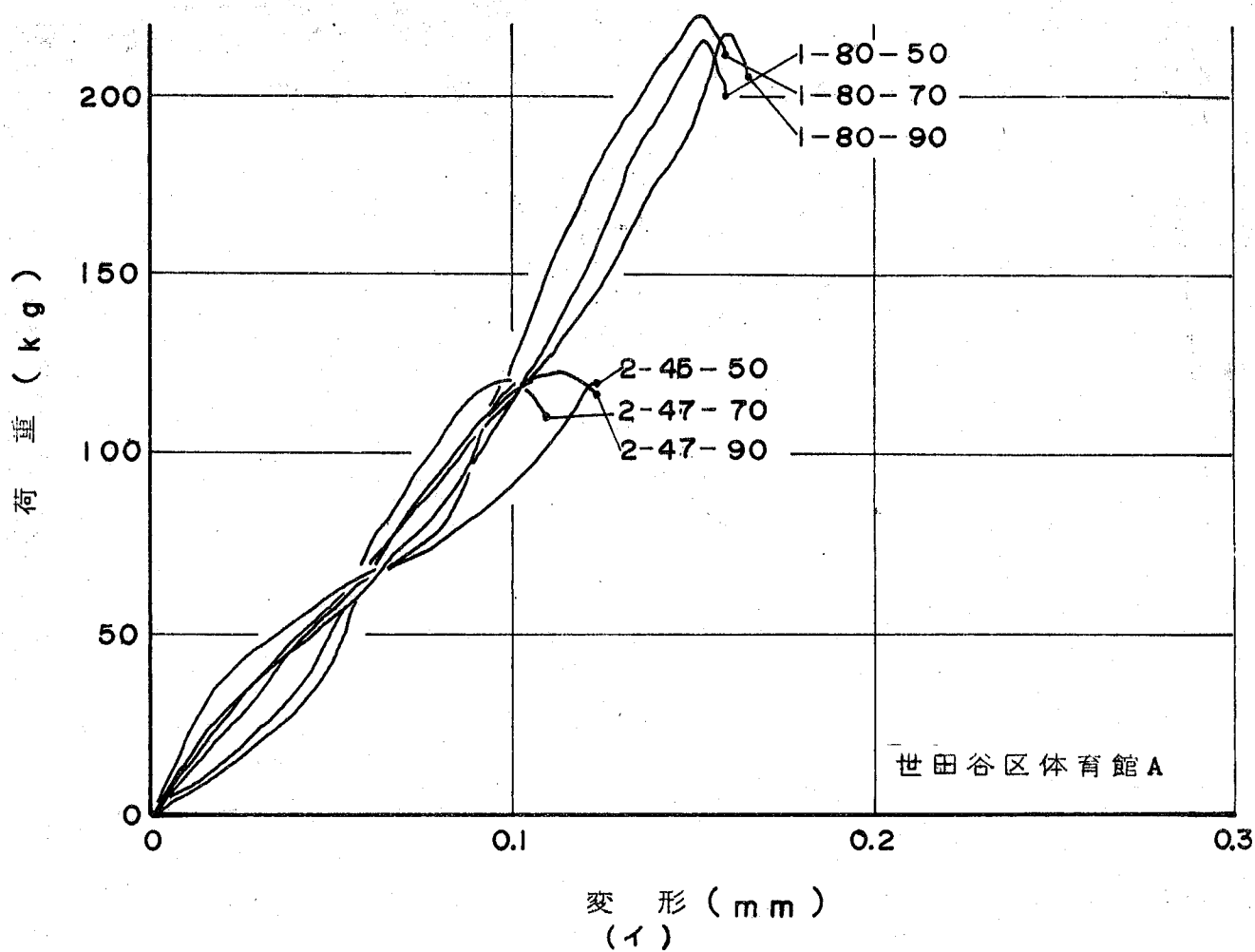


図-5・3 実存体育館床の荷重-変形曲線

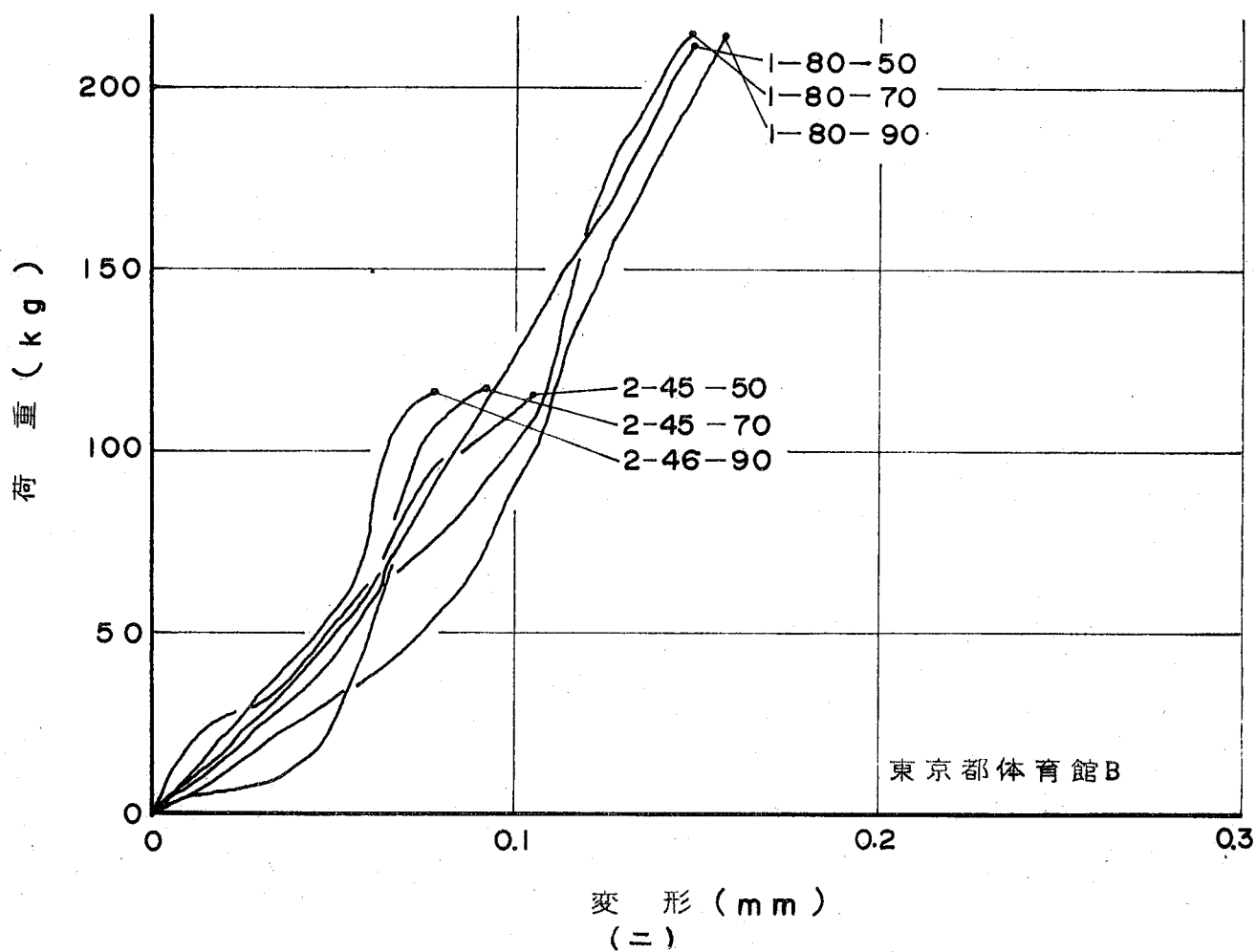
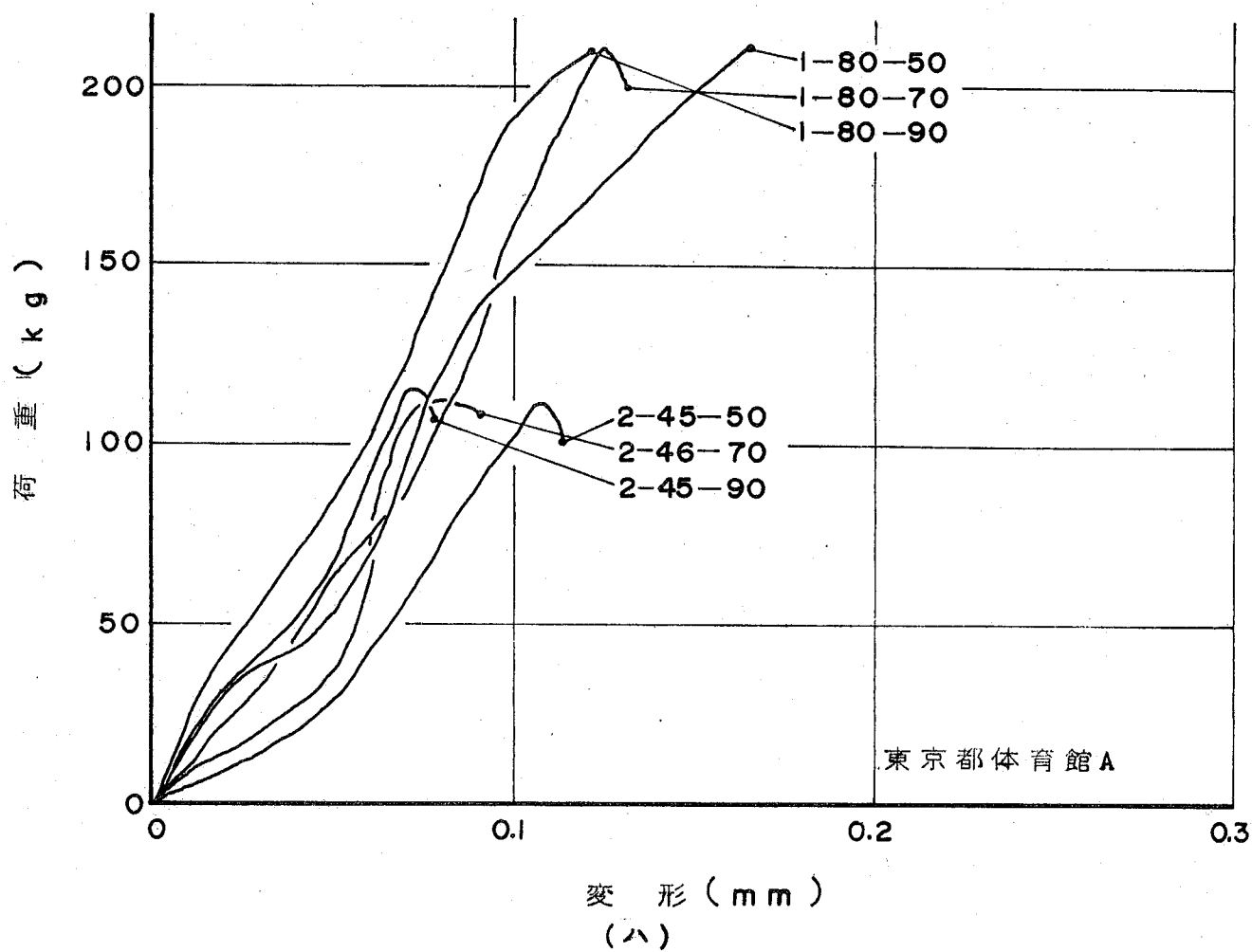


図-5・3 実存体育館床の荷重-変形曲線

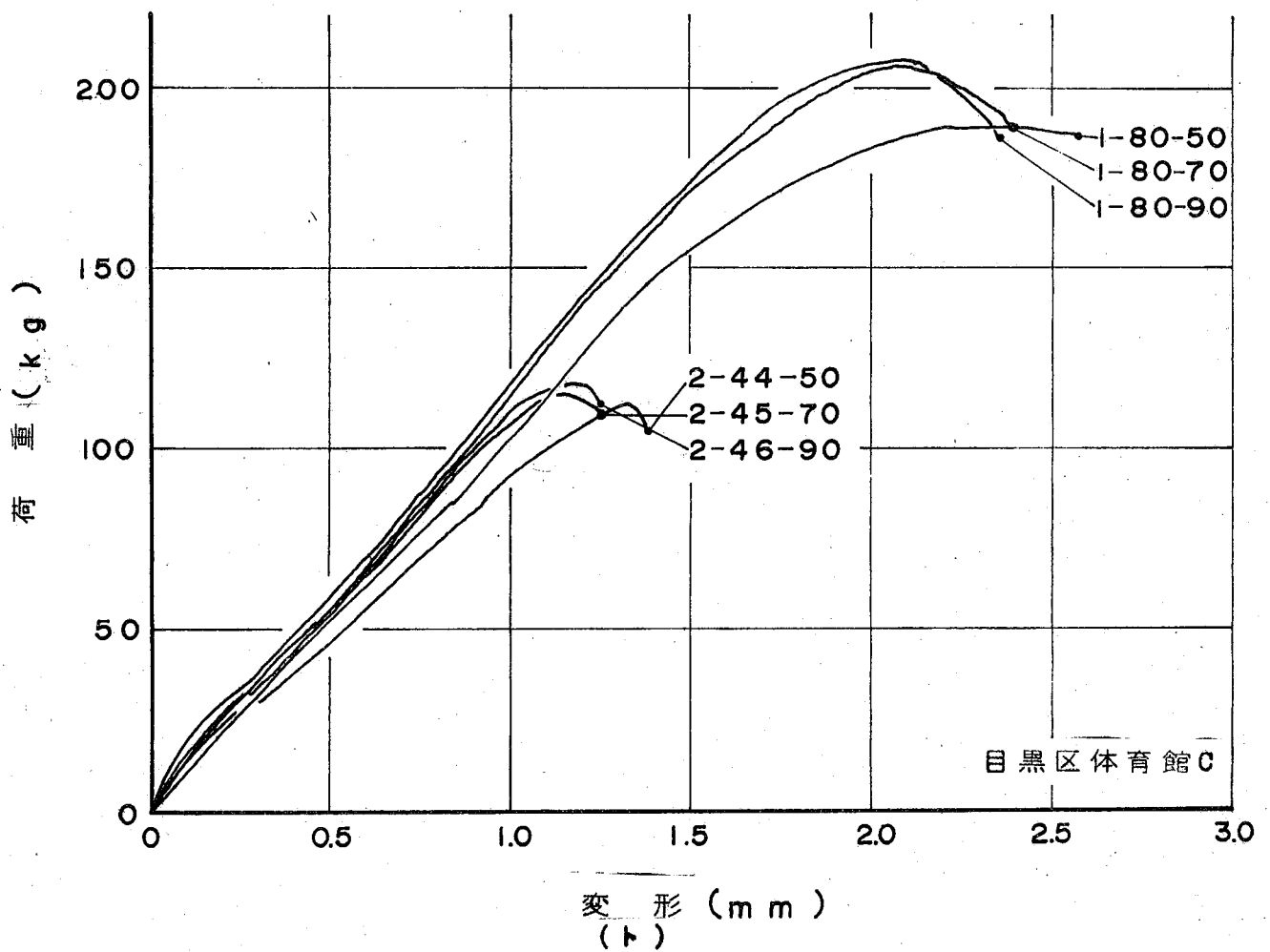
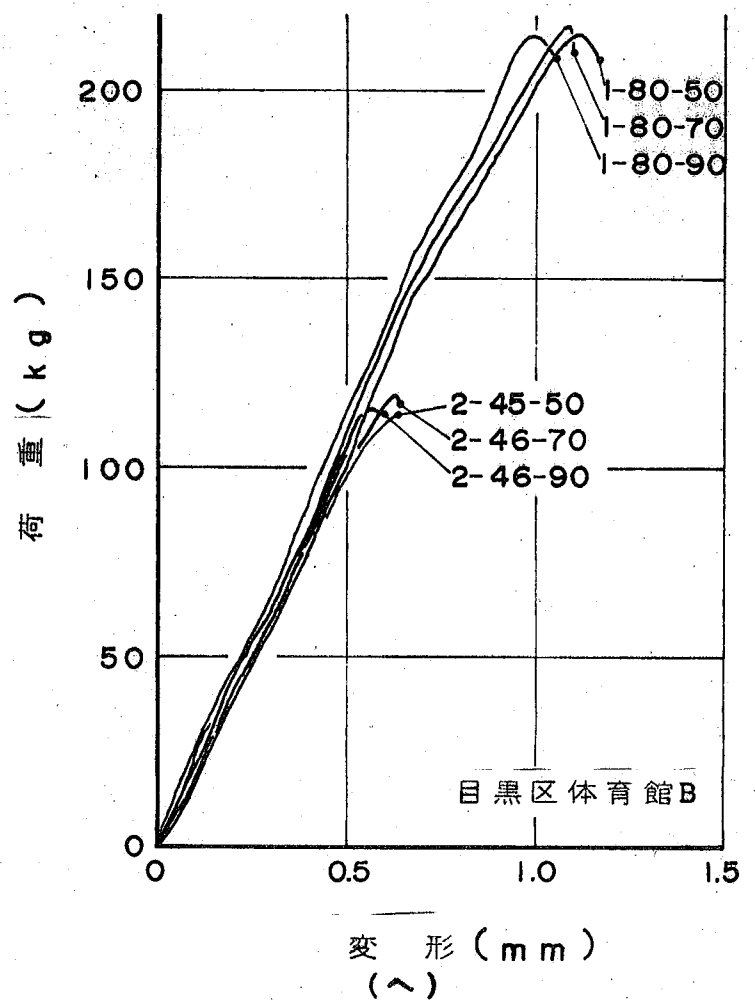
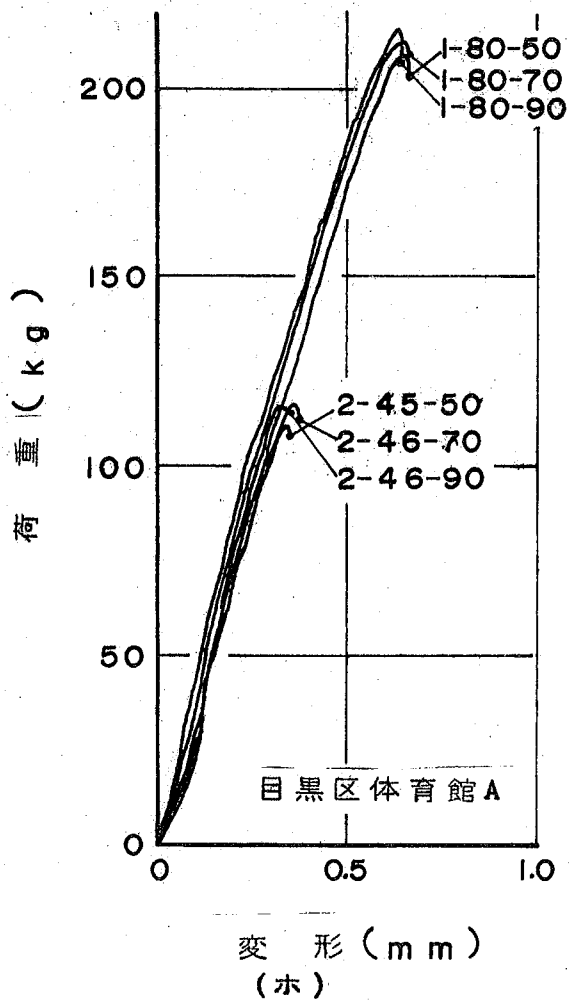


図-5・3 実存体育館床の荷重-変形曲線

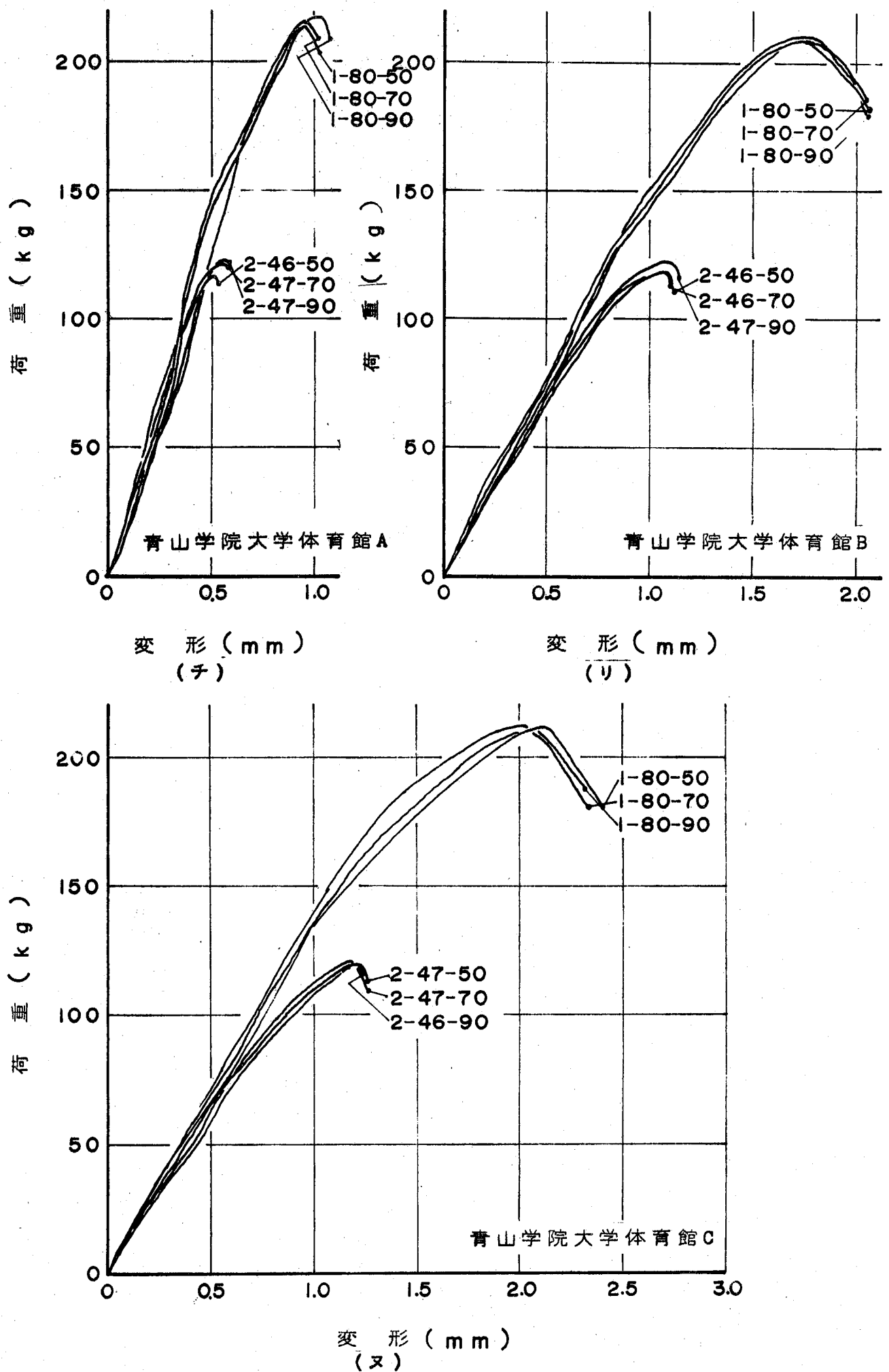


図-5・3 実存体育館床の荷重-変形曲線

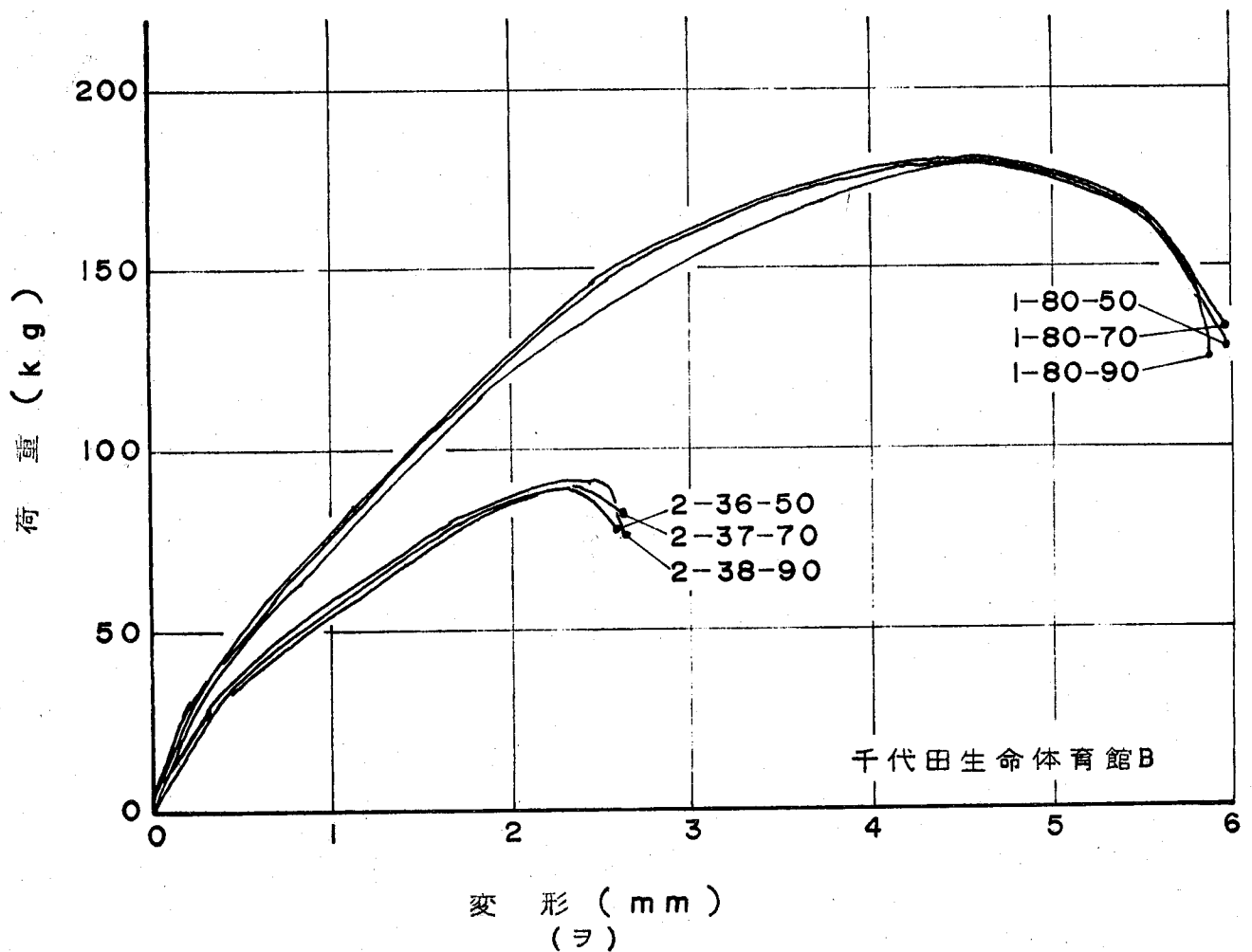
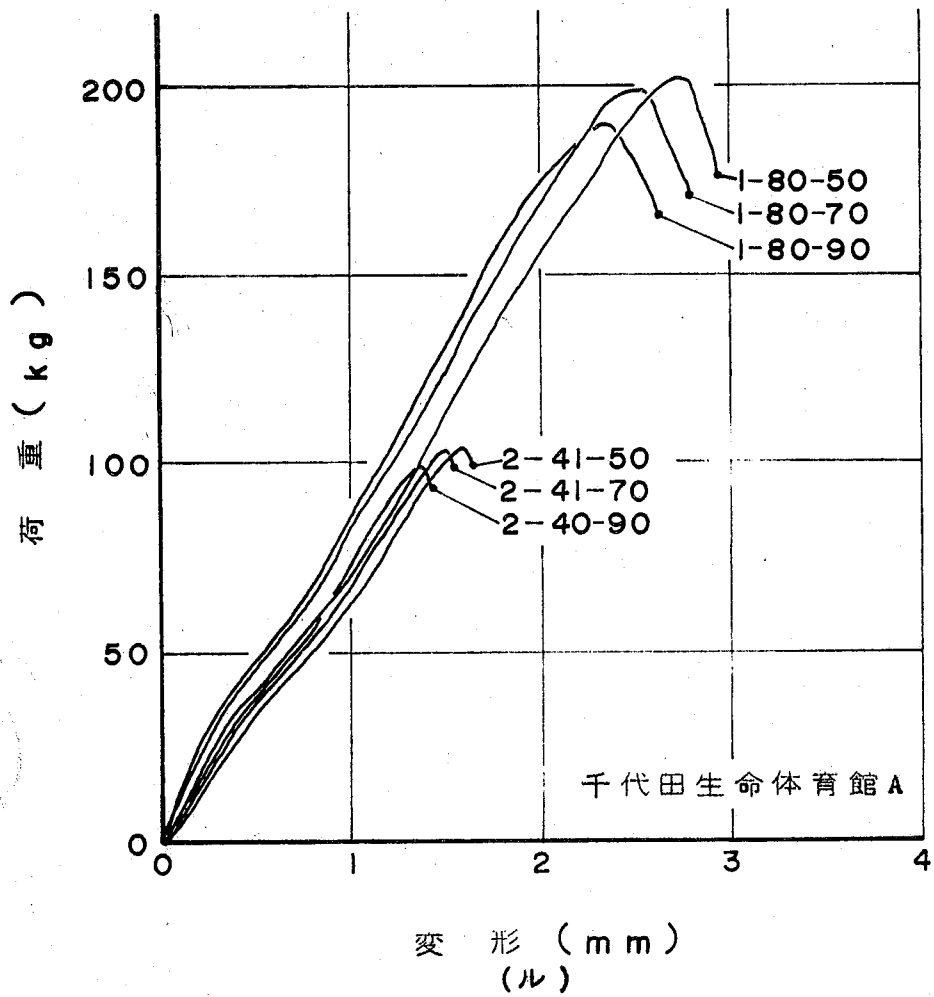


図-5・3 実存体育館床の荷重-変形曲線

表-5.2に測定点，荷重板径ごとに，平均荷重速度（ V_L ：荷重の最大値を荷重が最大値に達するまでに要する時間で除したものとする）と床の動的ばね定数（ K_D ：荷重が最大値に達した時の床の変形量で荷重の最大値を除したものとする）の値を示した。

各測定点において，荷重面積が荷重—変形の関係に及ぼす影響を考察すると，図-5.3，表-5.2から明らかのように，2, 3の例外を除いて，理論的に推察できる荷重面積の影響が測定結果に表われている。つまり，荷重面積が増大すれば，荷重—変形曲線の勾配（ K_D ）がわずかながら大きくなる傾向が表われている。

また，各測定点において，荷重速度が荷重—変形の関係に及ぼす影響を考察すると，図-5.3，表-5.2から明らかのように，2, 3の例外はあるが，荷重速度が増大するとともに荷重—変形曲線の勾配（ K_D ）が大きくなるのが認められる。特に変形量の大きい測定点（ウ）ではこの傾向が明白である。

これらのことで，床の変形を動的に測定する場合は，荷重面積，荷重速度，荷重の大きさなどの条件の設定が重要であり，目的に適った，つまり，実状に近似する条件を設定する必要があるという主張が裏付けられたと考える。

これらの結果から，設計・試作した弾力性測定装置で動荷重下における荷重—変形曲線の詳細まで測定できることが判明し，かつ，以後床の変形性状を追求してゆく上で必要な，実存する体育館の床の荷重—変形曲線などの資料とその範囲を含めて得ることができた。

5.4.2 床の変形エネルギー

第3章で，床のかたさ・やわらかさという観点から，運動競技者の使用感と対応でき得る主要な物理量として，床の変形エネルギーが有力であることを論じた。

表 - 5 ・ 2 平均荷重速度 (VL) と床の動的ばね定数 (KD)

荷 重 板 径 (mm)		50				70				90			
波 名		1		2		1		2		1		2	
体 育 館 名	測定点	KD	VL	KD	VL	KD	VL	KD	VL	KD	VL	KD	VL
世 田 谷 区 体 育 館	A	14230	9831	9713	4388	13803	9693	12351	4619	14657	10127	11192	4603
	B	7614	9690	7337	4515	8323	10304	6953	4626	7753	9648	6251	4600
東 京 都 体 育 館	A	12724	9320	10522	4348	17096	9893	14569	4294	17598	10032	15972	4416
	B	14268	8932	10867	4266	14489	10088	12478	4409	13620	9781	14734	4476
目 黒 区 体 育 館	A	3226	9985	3258	4103	3261	9636	3216	4288	3381	9016	3767	4325
	B	1919	9772	1793	4415	1990	9863	1990	4603	2179	9591	2043	4314
	C	853	8613	843	4155	1008	8986	994	4438	979	8650	997	4316
青 山 学 院 大 学 体 育 館	A	2211	9326	2305	4355	2232	9417	2138	4514	2123	9940	2098	4680
	B	1173	8700	1102	4253	1171	9165	1115	4546	1204	9165	1120	4696
	C	992	9563	970	4264	1018	9073	1011	4630	1075	9160	1013	4466
千 代 田 生 命 体 育 館	A	736	8804	651	3725	790	8490	693	3797	823	7832	725	3614
	B	399	7804	384	2990	457	7483	379	2869	429	8509	393	3117

KD : kg·cm⁻¹ VL : kg·sec⁻¹

00
—
|

実地測定対象体育館を選定する際に、その基準となつたのも、運動競技選手のかたさ・やわらかさに関する使用感覚である。

これらの観点から、測定結果より床の変形エネルギー(U_F)を算出し、使用感との対応を考察する。

床の変形エネルギー(U_F)は、図-5-3に示した床の荷重-変形曲線において、床の変形が最大に達した時点までの変形エネルギーとし、荷重-変形曲線に囲まれた面積をプランメーターで測定して算出した。

表-5-3にこのようにして求めた U_F の値を示した。 γ は比較する時の条件を同一にするための値で、重錘が落下する時に有する位置エネルギー(重錘重量 $W(5^{kg}) \times$ 落下高さ H)に対する U_F の比($U_F / W \cdot H$)を意味する。

図-5-4に比較しやすいように γ の値を図示した。

表-5-3、図-5-4からつぎのことが考察できる。

世田谷区体育館、東京都体育館の塗床では場所により変形エネルギーの値に大きな差はない。目黒区体育館、青山学院大学体育館の木造床では、A点が大引と重なる点、B点が大引上で根太間の中心点(目黒)・根太上で大引間の中心点(青山)、C点が大引と根太に包囲された部分の中心点のため、変形エネルギーの大きさの順序が C点>B点>A点 となっている。また、千代田生命体育館では、使用頻度が高いと考えられるバスケットボールコートゴール下(B点)の値がフロアー中央部(A点)の値より相当大きい。これらのことは測定前に予想されたことである。

使用感調査結果と対応させて比較するという観点から、千代田生命体育館ではやわらかすぎるということでB点、また、目黒区体育館および青山学院大学体育館では根太・大引に包囲された床板の部分が床の大半の部分を占めるため、もつと

表-5・3 床の変形エネルギー

荷 重 板 径 (mm)		50				70				90				使 用 感 調 査 結 果
波 名		1		2		1		2		1		2		
体 育 館 名	測 定 点	UF	rU	UF	rU	UF	rU	UF	rU	UF	rU	UF	rU	
世 田 谷 区 体 育 館	A	1.5	0.3	0.7	0.3	1.6	0.4	0.6	0.2	1.7	0.4	0.8	0.3	か た す ぎ る
	B	3.2	0.8	0.9	0.3	2.4	0.6	1.0	0.4	3.1	0.7	1.0	0.4	
東 京 都 体 育 館	A	1.9	0.4	0.5	0.2	1.2	0.3	0.4	0.1	1.3	0.3	0.4	0.1	か た す ぎ る
	B	1.4	0.3	0.5	0.2	1.3	0.3	0.3	0.1	1.3	0.3	0.3	0.1	
目 黒 区 体 育 館	A	9.0	2.2	2.1	0.9	7.9	1.9	2.3	1.0	7.2	1.8	2.4	1.0	ち ょ う ど よ い
	B	13.8	3.4	3.9	1.7	12.9	3.2	3.9	1.6	12.5	3.1	3.8	1.6	
	C	30.2	7.5	8.7	3.9	29.9	7.4	8.3	3.8	29.7	7.4	8.4	3.8	
青 山 学 院 大 学 体 育 館	A	12.9	3.2	3.5	1.5	12.8	3.2	4.0	1.6	13.3	3.3	4.1	1.7	ち ょ う ど よ い
	B	27.7	6.9	7.9	3.4	27.6	6.9	7.4	3.2	27.0	6.7	8.6	3.6	
	C	31.8	7.9	8.9	3.9	31.5	7.8	9.1	3.8	32.0	8.0	9.4	4.0	
千 代 田 生 命 体 育 館	A	32.2	8.0	8.9	4.3	31.6	7.9	8.5	4.1	29.3	7.3	7.4	3.7	や わ ら か す ぎ る
	B	78.5	19.6	15.3	8.3	81.4	20.3	15.8	8.5	77.3	19.3	15.7	8.3	

UF: kg-cm , ru: %

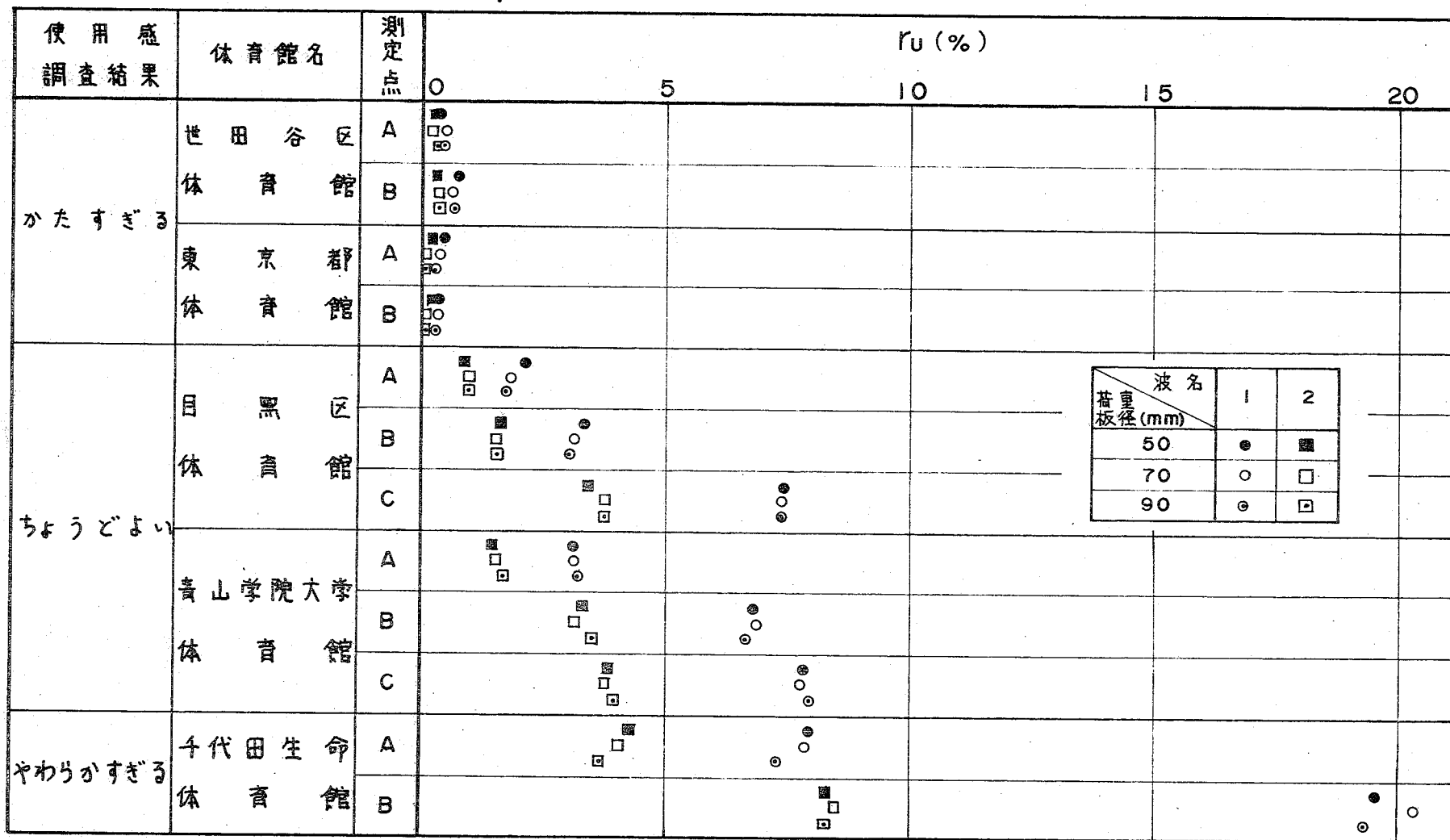


図 - 5 ・ 4 床の変形エネルギー

も着地する頻度が高いと考えられるのでC点，をそれぞれ代表的な点とみなすことができる。

このように測定点を限定して考察すると， U_F の大小関係は第1波，第2波の場合とも同じで，

千代田生命体育館(B)

▽

目黒区体育館(C)≡青山学院大学体育館(C)

▽

世田谷区体育館(A, B)≡東京都体育館(A, B)

となり，実地測定した床の範囲では，床が吸収する変形エネルギーの割合が大なるほど運動競技選手はやわらかく感じていると結論できる。

このことから，弾力性測定装置で測定した荷重—変形曲線から誘導される床の変形エネルギーは，使用感調査結果とよく一致した結果を示すことが実証されたといえる。すなわち弾力性を左右するおもな要素と想定されるかたさ・やわらかさに対応する物理量としては，弾力性測定装置から得られる床の変形エネルギーが妥当であるとみなすことができる。しかし，このことは実地測定を行つた床の範囲でいえることであり，すべての床に普遍できることではない。

また，図-5-4から明らかのように，第1波の場合も第2波の場合も，算出される変形エネルギーの大きさの順序がかたさ・やわらかさの使用感の順序とよく対応しているので，以後，測定の合理化を計る上で重錘の落下高さはひとつに限定してよいと考える。なお，この場合，床の深部の性状まで把握できるように落下高さは80^{cm}とすべきである。

なお，以後本測定で求めた U_F の値を資料として用いる場合，千代田生命体育館B点の値は U_F の極端に大きい値，世田谷区体育館A・B点，東京都体育館A・B点の値は U_F の極端に小さい

値，とみなすことができるが，目黒区体育館C点，青山学院大学体育館C点の値とUFの最適値とみなすことは危険であり，最適値は千代田生命体育館B点の値と世田谷区体育館A・B点，東京都体育館A・B点の値の範囲にあるとすべきである。

5.4.3 重錘の反撓高さ

表-5-4に各測定点での5回の重錘の反撓高さの平均値($\bar{h}$)と標準偏差($\sigma\bar{h}$)を示し，図-5-5に平均値を図示した。

各測定点における5回の反撓高さは，その標準偏差が小さく，良い精度で測定できているといえる。しかしながら，全体的に考察すると，使用感の観点からの床のかたさ・やわらかさに対し，重錘の反撓高さが明確に対応しているとはいえない。

本来，床の変形エネルギーと重錘の反撓高さは逆比例の関係にあると考えられるが，本装置の場合，床のかたさに大きな差がないと重錘の反撓高さに明確な差が生じないことがわかる。

この原因として，床の変形エネルギーがゴムばねの変形エネルギーにくらべて非常に小さいことが考えられ，このため床の変形エネルギーの微小な差が重錘の反撓高さに明確に表われないためと考える。

また，重錘の反撓高さは，床の変形の復元挙動が重錘の反撓挙動にいかに関与するかによっても影響を受けるので，厳密に考えれば，床のかたさを明確に表現できるかどうか疑問が残る。

第1章で述べたように，従来，床のかたさを判定する物理量として落下重錘の反撓高さがよく用いられているが，本装置の場合はこれらの理由から，重錘の反撓高さを床のかたさに対応する指標として用いるのは適当でないといえる。

5.4.2で明らかにしたように，床のかたさ・やわらかさに

図一五・五 重錘の反撥高さ

体 育 館 名	荷重板径 (m m)	50		70		90		使 用 感
	測 定 点	$\bar{h}$	σ_h	$\bar{h}$	σ_h	$\bar{h}$	σ_h	調 査 結 果
世 田 谷 区 体 育 館	A	47.3	0.3	47.6	0.2	47.9	0.3	かたすぎる
	B	47.7	0.4	47.4	0.4	47.5	0.2	
東 京 都 体 育 館	A	45.5	0.3	46.3	0.3	46.3	0.2	かたすぎる
	B	45.8	0.4	46.3	0.2	46.5	0.3	
目 黒 区 体 育 館	A	46.1	0.3	46.4	0.1	46.2	0.2	ちょうどよい
	B	45.4	0.5	47.0	0.4	46.7	0.2	
	C	45.2	0.3	45.9	0.3	46.5	0.6	
青 山 学 院 大 学 体 育 館	A	47.3	0.5	47.5	0.1	47.8	0.2	ちょうどよい
	B	46.4	0.4	46.9	0.4	47.1	0.0	
	C	47.2	0.1	47.2	0.2	47.1	0.2	
千 代 田 生 命 体 育 館	A	41.8	0.2	42.2	0.4	42.1	1.0	やわらかすぎる
	B	36.7	0.1	37.3	0.3	37.5	0.0	

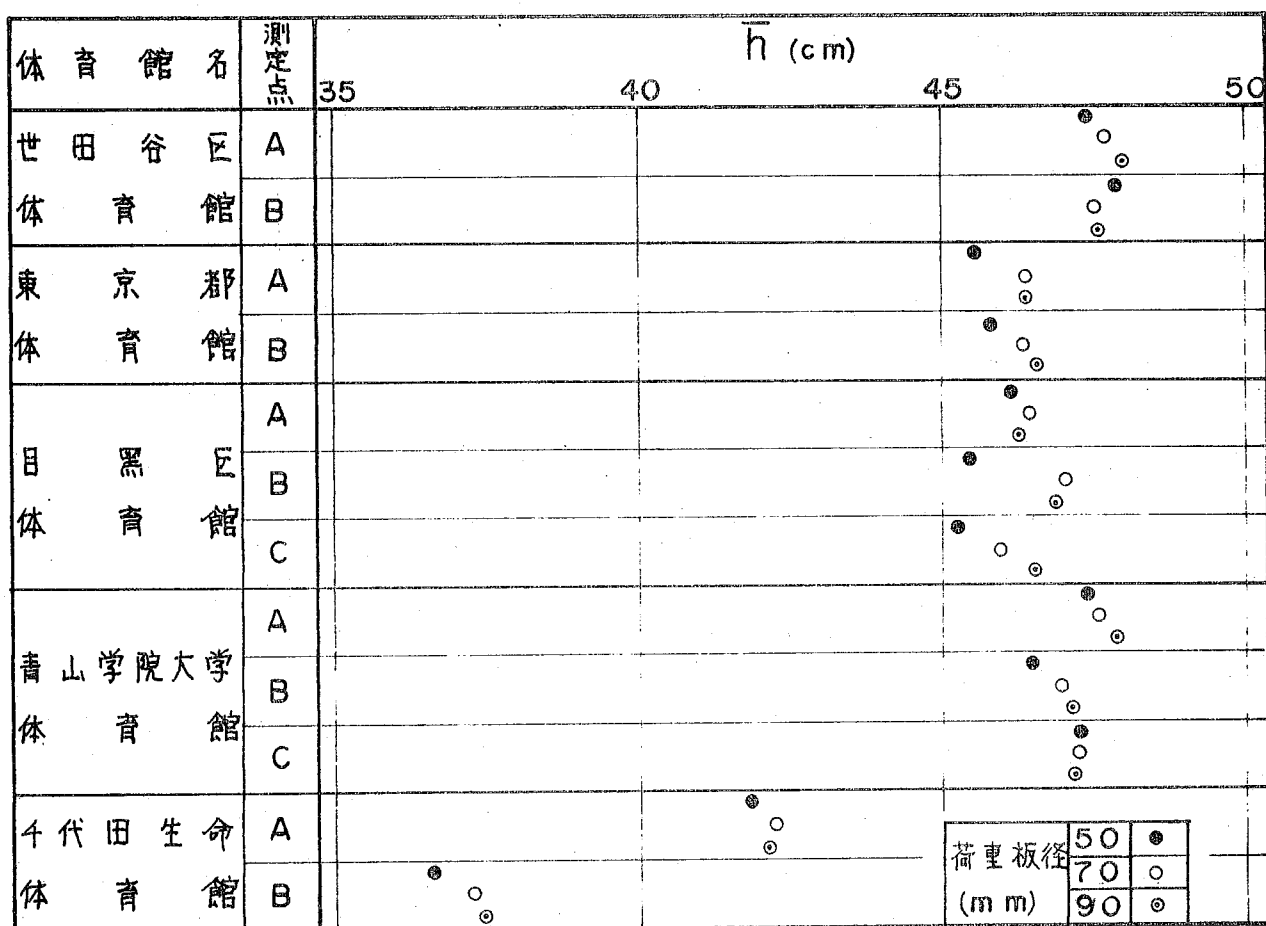
$$\bar{h}, \sigma_h : \text{cm}$$


表 5・4 重錘の反撥高さ

対応する有力な物理量と想定される床の変形エネルギーは、床の荷重—変形曲線から直接算出する方が精度の良い結果が得られることが判明しているので、以後の測定では重錘の反跳高さの測定の必要はないと考える。

5.4.4 床の振動の最大振幅および変形速度ならびに振動の減衰時間

本項では、弾力性の意味を拡張して、床の変形が最大に達した後の床の動的変形挙動つまり床の振動性状に関して考察を加える。

これらのことに関しては、運動競技者の使用感に関する資料がないため、経験的判断からしか考察する手段がない。そのため、以下で述べる物理量は、必ずしも運動競技者の使用感に対応でき得ると断定できるものではなく、以後の研究で運動競技者の使用感との対応づけがなされるまでは、仮に設定された物理量として扱うものである。

これらの物理量に関して論ずる目的は、かたさ・やわらかさに対応する物理量以外に、床の弾力性に関する使用感を左右する物理量をも本装置による測定結果から得られる可能性を明らかにするためであり、かつ、以後の研究の参考資料にしようとするためである。

体育館の床の弾力性に関する要素として、かたさ・やわらかさ以外に、床の変形が最大に達した後の床の振動性状を取り上げたのは、古い木造床で運動した時に変形した床が元に戻らない感じ、いわゆる、ぶよぶよする感じがして競技しにくいことや、ボクシングのリングの床や柔道場の床などでは着地した後振動が長く続き何か落着かない感じがする場合があるという事実にもとづいたものである。

実存する一般的な体育館の床の範囲ではこれらのことはあまり問題になつていないと考えられるが、除々に建設数が増

しつある，合成樹脂材料を使用したやわらかい塗床，木製根太・大引にかわる金属製根太・大引の出現，弾力性をよくするというゴムばね・金属ばねの出現を考慮すると，これらのことに関しても充分検討する必要があると考える。

図-5-6に，重錘を落下した時の第1波の床の振動曲線から最大振幅を求め，みかけの半周期で最大振幅を除した値，つまり逆向きの変形速度（単に変形速度と呼ぶ）との関係を示した。

実際の最大振幅および変形速度は床の上に人体が載っているためこの値とは異なるが，相関性はあると考えられるので傾向を論ずることはできると考える。

この図で最大振幅に比例して変形速度が大きな値となるのがわかる。これらの床の物理量が使用感にあたる影響に関しては調査していないので，経験的事実から考察する以外に手段はないが，変形量の大きい床で運動した時には床のはねかえりが大きく感じられる。この事は最大振幅および変形速度が大きいためと考えられるが，図-5-6の傾向はこの経験的事実をよく裏付けているといえる。

床のはねかえりに関する運動競技者の感覚と対応する物理量が，最大振幅および変形速度でよいかどうか，また，運動競技者にとつてどのようなはねかえりが良いのかは以後の研究によらねばならないが，本装置で測定される資料よりこのことに関する値も抽出できると考える。

図-5-7に，第1波において床の変形が生じた瞬間から床の振動がなくなるまでの時間（電磁オシログラム上で肉眼で床の振動がなくなつたとみなせるまでの時間）を減衰時間と名付けて図示した。

実際の減衰時間は，床の上に人体が載っているためこの値とは異なるが，相関性はあると考えられるので傾向を論ずる

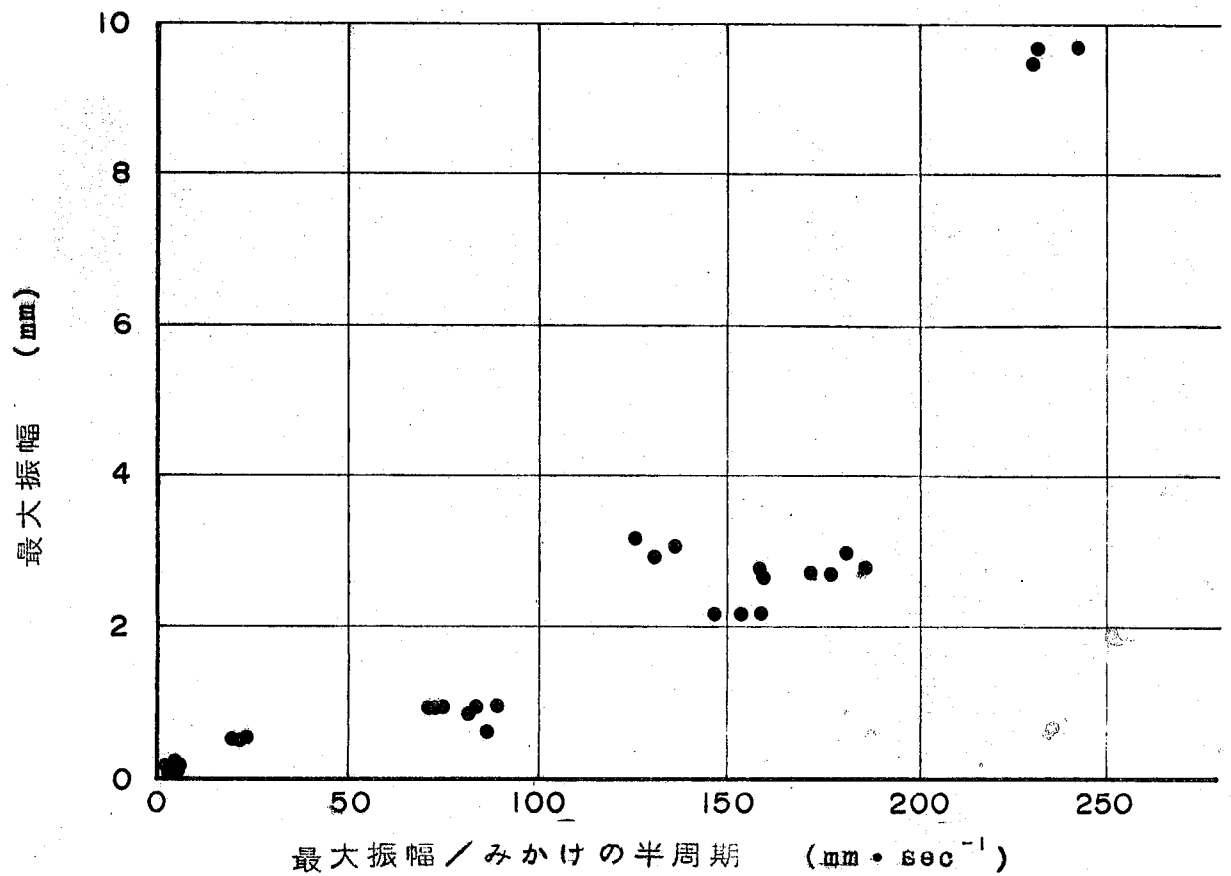


図 - 5 ・ 6 最大振幅と変形速度

体 育 館 名	測 定 点	減衰時間 (100^{-1}sec)						
		0	10	20	30	40	50	60
世 田 谷 区 体 育 館	A	●						
	B	○						
東 京 都 体 育 館	A	○						
	B	○						
目 黒 区 体 育 館	A	○	○					
	B			●	○			
	C						●	○
香 山 学 院 大 学 体 育 館	A		○	○				
	B				○	○		
	C				○	○		
千 代 田 生 命 体 育 館	A				●	○		
	B						○	○

荷重板径 (mm)

50	●
70	○
90	◎

図 - 5 ・ 7 振動の減衰時間

ことはできると考える。

減衰時間が極端に長すぎるのは床の落着きが悪く、運動競技者にとって好ましいとは思われない。図から明らかなように、塗床の減衰時間は木造床にくらべて非常にみじかいこと、木造床においては変形量の大きい個所ほど減衰時間がながいことがわかる。

運動競技者の床の振動の減衰に関する感覚と対応する物理量が減衰時間でよいかどうか、また、運動競技者にとってどの程度の減衰性能があればよいか、などの問題も以後の研究によりぬげられないが、本装置で測定される資料からこれらのことに関する値も抽出できると考える。

第5節 結論

本章の結論はつぎのとおりである。

1. 設計・試作した体育館の床の弾力性測定装置の測定結果から得られる床の変形エネルギーと、使用感調査結果とがよく対応し、本装置が体育館の床の弾力性測定装置として妥当なことを実証した。

2. 床の変形エネルギーのほかに、弾力性を左右する要因として推察される床の振動の最大振幅、床の振動の減衰などに関する物理量も、本装置の測定結果から得られる可能性を明らかにした。

3. 実存する体育館の床の荷重—変形曲線、変形エネルギー、最大振幅、変形速度、減衰時間の値を得るとともにその範囲を把握した。

4. 以後の測定において、重錘の落下高さは80^{cm}に限定してよいこと、重錘の反撓高さの測定は不必要なことを明らかにした。

第6章 体育館の床の弾力性の使用感に関する心理学的尺度の構成

概 要

体育館の床の弾力性測定装置から得られる体育館の床の物理量と体育館の床の弾力性に関する使用感を数量的に結びつけるためには、使用感を何らかの方法で数量化する必要があることを述べ、体育館の床の弾力性の使用感に関する官能検査を実施して使用感に関する心理学的尺度を構成した。

官能検査手法は、試料（刺激）を一對づつ提示して、比較判断を行わせて評点をつけさせ、その結果から心理学的尺度を構成するシエツフェの一对比較法を採用した。

試料はこれまでの研究結果を基礎的資料として、弾力性に関係すると想定される主要な物理量に関して、実存する体育館の床、および、将来考えられる体育館の床の値の範囲をも含むように試作した11個の模擬床とし、検査員は関東大学学生リーグ1・2部男子正選手（バドミントン19名、バスケットボール17名、バレーボール15名）および参考として特に専門の運動競技を行っていない一般男子17名とした。

官能検査の実施にあたり、弾力性は床の“かたさ”，床の“はねかえり”，床の“振動の減衰”の3つの使用感上の要素から成り立っているものと仮定義して、各々の要素に関する感覚・嗜好、および、弾力性に関する総合嗜好の計7項目の使用感に関する官能検査を実施し、検査および尺度の妥当性を検討したのち、各々の要素に関する感覚尺度・嗜好尺度および総合嗜好尺度を構成した。

第1節 目的

前章までの研究で、体育館の床の弾力性に関する使用感調査結果と設計・試作した体育館の床の弾力性測定装置による測定結果から得られる床の物理量との間に密接な相関があることを考察した。

しかしながら、第2章における使用感調査は使用感の概要を知るために行つたものであり、使用感の数量化まではもくろんでなく、かつ、弾力性を単に“かたい”“やわらかい”として調査したため、調査結果から弾力性に関する使用感を数量化することは不可能である。

一方、体育館の床の弾力性測定装置で測定される体育館の床の種々の物理量と運動競技者の使用感とを数量的に厳密に対応させるためには、使用感をも尺度として数量化することが必要不可欠である。

また、人間の生理・心理にかかわる問題はすべてと考えるが、体育館の床の弾力性の場合もその評価は体育館を使用する人間の使用感を基準としてなされるべきであり、人間の心理・生理にもとずいた評価基準がなければ、弾力性測定装置から得られる種々の物理量も厳密にはその意味をなさないと考える。

本章の目的は、体育館の床の弾力性の使用感に関する官能検査を行ない、体育館の床の弾力性の使用感に関する心理学的尺度を構成することにある。

第2節 構成する尺度の項目

6.2.1 体育館の床の弾力性の仮定義

弾力性が使用感上いかなる要素から成り立っているかは、弾力性の使用感に関する官能検査を行つて使用感に関する心理学的尺度を構成し、構成された尺度と弾力性測定装置から

得られる床の物理量との相関関係を考察してはじめて明確になるが、官能検査における尺度の項目、試料などを設定するにあたって、あらかじめ、使用感上弾力性がいかなる要素から成り立っているかを想定する必要がある。

このような想定は本来因子分析法などによる要因分析により行われるのが妥当と考えるが、本研究の場合、これまでの研究結果、運動競技者との数多くの対話などから、つぎのように弾力性に関する使用感上のおもな要素を想定できる。

第1に、運動競技者が体育館の床の弾力性のことを“かたい”“やわらかい”と表現すること、弾力性に関する使用感調査結果と弾力性測定装置による測定結果から得られる床の変形エネルギーとの間に密接な関係があること、などから弾力性を左右する要素のひとつとして、床の“かたさ”が想定できる。

第2に、古い木造床ややわらかい合成樹脂系材料を用いた塗床で運動する時に運動競技者が“ぶよぶよする”“はねかえりがよい”などと表現するのは、着地して床が変形した後の床の逆向の変形挙動が影響しているためと考えられるが、この床の“はねかえり”も弾力性を左右する要素のひとつと考えられる。

第3に、実存する体育館の床ではあまり問題になっていないことであるが、着地した後床の振動が長く続くことをボクシングリング、柔道場の床などでよく経験する。金属製大引・根太を用いる床、金属ばねを用いる床、などの開発には、このような“振動の減衰”も弾力性を左右する要素として考慮に入れる必要がある。

以上の検討から、本研究では体育館の床の弾力性をつぎのように仮定義する。

『体育館の床の弾力性とは、床の動的変形挙動がその基本

となるが、運動競技者の使用感から要素に分割すれば、床の“かたさ”，床の“はねかえり”，床の“振動の減衰”の各要素が複合されたものである』

なお、仮定義の妥当性は、官能検査終了後、弾力性の使用感に関する心理学的尺度と床の物理量との対応を究明して検討されるものである。

6.2.2 構成する尺度の項目

体育館の床の弾力性の仮定義にしたがって、構成する心理学的尺度の項目をつぎの7項目に決定した。

- 床のかたさに関する——
 - 感 覚 尺 度 ————— (1)
 - 嗜 好 尺 度 ————— (2)
- 床のはねかえりに関する——
 - 感 覚 尺 度 ————— (3)
 - 嗜 好 尺 度 ————— (4)
- 床の振動の減衰に関する——
 - 感 覚 尺 度 ————— (5)
 - 嗜 好 尺 度 ————— (6)
- 床の弾力性に関する—— 総合嗜好尺度 ———— (7)

※ { 感覚尺度：刺激の強弱に関する尺度
嗜好尺度：刺激の好みに関する尺度

本研究の最終目的が、弾力性に関する総合嗜好尺度と弾力性測定装置から得られる床の物理量とを対応させることにあるので、7項目の尺度のうち最終的に必要なのは(7)の総合嗜好尺度だけであるが、他の6項目の尺度をも構成する目的はつぎのとおりである。

各々の要素に関する感覚尺度(1),(3),(5)(以後、要素感覚尺度

とよぶ)に関してはつぎの理由による。

弾力性の仮定義にしたがえば，“かたさ”，“はねかえり”，“振動の減衰”が弾力性を左右する主要な要素となるので，各々の要素の感覚尺度が床のいかなる物理量と対応するかを把握して，総合嗜好に影響をあたえる床の物理量を推定するのに有効な資料とする。

また，各々の要素に関する嗜好尺度(2),(4),(6)(以後，要素嗜好尺度とよぶ)に関してはつぎの理由による。

各々の要素に関する嗜好尺度が総合嗜好尺度とどのような関係にあるかを把握し，かつ，各要素感覚尺度に対応する床の物理量と各要素嗜好尺度との関係を把握して，総合嗜好尺度と床の物理量で表示する場合，総合嗜好尺度と床の物理量との関係式の関数の形を想定するのに有効な資料とする。

これらの理由から，総合嗜好尺度のほかに，他の6項目の尺度を加え，計7項目の尺度を求めようとするものである。

第3節 官能検査手法

6.3.1 官能検査の概要

官能検査とは，人間を計器としてその感覚にたよって行なう検査や，人間の計器としての特性を研究するための検査であるが，わが国においては「日本科学技術連盟官能検査委員会」が指導的立場をとって，検査手法の研究・開発・普及にたずさわっている。

おもに工業関係，なかでも受入検査，工程管理，出荷検査などの人間の客観的判断を用いる検査に主として用いられており，嗜好に関する調査・研究など人間の主観的判断を用いる困難な分野にはようやく適用例が少なくなつてきているのが現状である。

官能検査の詳細は「精神測定法」¹⁶⁾「官能検査ハンドブック

7」¹⁷⁾などに網羅されており，その概要はつぎのとおりである。

1) 官能検査とは

人間を計器として，その感覚にたよつて行なう検査や，人間の計器としての特性を研究するための検査を意味し，つぎのふたつの型がある。

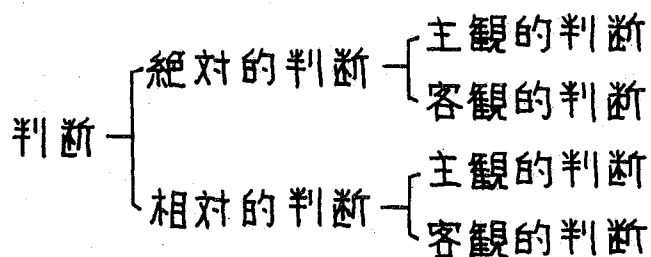
A型：人間の官能に依る方法が簡便であるため，物理的測定の代用として使用される。

適用例：視覚による比色，触覚による水分測定など

B型：品質特性が人間の官能でなければ測定できない場合に使用される。

適用例：扇風機のデザイン，缶詰や酒の味，香水のにおい，仕上げの外観，触感など

2) 官能検査における判断の種類



※ { 主観的判断：嗜好検査などの場合に用いられる
客観的判断：選別検査などの場合に用いられる

3) 官能検査手法の概要

官能検査手法は大きくつぎのふたつに分類される。

1. 精神物理学的方法

刺激が物理的に測定可能で，測定の結果として得られるものが心理学的尺度上の値でなく，物理学的方法上の値である。

おもに，閾値，主観的等価値などの精神物理学的方法を求めるのに使用される。

2. 心理学的尺度法

刺激が物理的に測定可能または不可能で、測定の結果として得られるものが心理学的尺度上の値である。
おもに、感覚値、感情値などの心理的値を求めるのに使用される。

1, 2の方法のなかにつぎのような手法がある。

1. 精神物理学的方法

a. 平均誤差法（別名：再生法，調整法，等価刺激法）

標準刺激に変化刺激を合致させる。——変化刺激が連続的な場合で刺激の逆転を許す。

b. 極小変化法（別名：極限法）

平均誤差法と同様であるが，変化刺激が相等しい小さな段階で変り得る場合——刺激の逆転を許さない。

c. 恒常法（別名：恒常刺激法，恒常刺激差法）

標準刺激に対し，ある規則下にある一組の変化刺激のうちどれが合致するかを返答させる。——変化刺激の連続的な変化が困難な場合。

2. 心理学的尺度法

a. 一対比較法

一対の刺激 A_i, A_j に対し $A_i > A_j, A_i = A_j, A_i < A_j$ の判断を行わせる。

Bradley の方法

$A_i \geq A_j$ の判断を行わせる。

Scheffe の方法

$A_i \geq A_j$ の判断を $---2, -1, 0, 1, 2---$ の評点で行わせる。

浦 の変法：個人差を考慮する

芳賀の変法：順序を考慮しない

中屋の変法：個人差を考慮し，順序を考慮しない

b. 順位法（別名：品等法）

m 個の対象を一定の観点から一列に並べさせるか，あるいはひとつひとつ最上位と感じられるものを抜き取

らせることにより順位を定める。

c. 等間距離法（別名：2等分法）

特定の心理学的連続体の上の一定の距離を2等分させる。

d. 等現間隔法

多くの刺激を与え、それをいくつかの刺激の組に分け、順序の隣り合った組の間の距離が検査員にとって等しく見えるようにする。

e. 分数刺激法，倍数刺激法

標準刺激に対して， $1/2$ （2倍）， $1/3$ （3倍），-----の比率をなす刺激を選択させるかあるいはつくらせる。

f. 恒常和法

刺激対を検査員に与え比がいくつか返答させる。

g. 系列範ちゅう法（別名：系列間隔法）

いくつかの刺激のおののおのを，意味の明確な連続体上にある，量的に異なる一定数の範ちゅうのどれかに所属するものと判断させる。

h. 評定尺度法（別名：評点法）

中断されていない連続体に沿って順位づけられた範ちゅうに直接観察によつて対象を割り当てさせる。

4) 手法の選択条件

手法の選択は，求めようとする情報の種類と尺度の水準（名義尺度，順位尺度，間隔尺度，比率尺度）により選択しなければならない。また，検査自体の有意性，求めた結果の妥当性，信頼性は統計的手法を用いてつねに検定しなければならない。

6.3.2 本研究における官能検査手法

1) 手法の選択

床のかたさ，床のはねかえり，床の振動の減衰，の感覚・

嗜好および弾力性の総合嗜好に関する心理学的尺度を構成するための官能検査手法を選択する条件としてつぎのことがあげられる。

- 各項目に関して検査員が絶対的な判断能力を持っているかどうか不明なことで疲労などにより判断の基準が変動することが考えられるので相対的判断（比較判断）を用いる。

- 心理学的尺度の水準としては間隔尺度を目標とする。

- 信頼性の高い手法を採用する。

- 主効果，試料の組合せ効果，個人差に関しその有無性を知る必要がある。

- 異常な試料があつた場合，異常な試料のデータを除いても尺度を構成することができる必要がある。

- 相対的判断において，“同じ”または“わからない”という判断を許した方がよい。

- 一対の試料に関する判断において，試料の提示の順序による判断の差はないと考えられる。

- わが国において第一線級の運動競技選手を検査員とするため，現実的な問題として検査員の数に制限がありかつやり直しが困難である。

以上の条件に合致する手法として，設定された試料のうちふたつづつを一対として比較して評点をつけさせるシエッフエの一対比較法¹⁷⁾とし，その変法で個人差を考慮し，試料の提示順序を考慮しない中屋変法¹⁸⁾を採用することとした。

それゆえ，判断としては相対的判断で，かつ，各要素感覚に関しては客観的判断，各要素嗜好および総合嗜好に関しては主観的判断を用いることになる。

2) シエッフエ — 中屋一対比較法の概要

検査員 B_k が試料 A_i を試料 A_j にくらべてつけた評点を x_{ijk} とすると，

$$X_{ijk} = (d_i - d_j) + (d_{ik} - d_{jk}) + \mu_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{--- ①}$$

という構造を仮定する。

ここに

$i, j : 1, 2, \dots, m$ (試料の数)

$k : 1, 2, \dots, r$ (検査員の数)

d_i : 試料 A_i の平均的効果 $\sum_i d_i = 0$

d_{ik} : 検査員 B_k の試料 A_i に対する個人的感覚
 $\sum_i d_{ik} = 0$

μ_{ij} : 特定のふたつの試料を組にしたための効果

$$\mu_{ij} = -\mu_{ji}, \quad \sum_i \mu_{ij} = 0, \quad \sum_j \mu_{ji} = 0$$

ε_{ijk} : 誤差で互いに独立で $N(0, \sigma^2)$ に従う

検査の組数: $M = m(m-1)/2$

検査の総数: $Mr = r \times m(m-1)/2$

検査員 1 人の検査数: $m(m-1)/2$

① 式より

$$\varepsilon_{ijk} = [X_{ijk} - (d_i - d_j) - (d_{ik} - d_{jk}) - \mu_{ij}] \quad \text{--- ② となり,}$$

ε_{ijk} の確率密度関数 $f(\varepsilon_{ijk})$ は

$$f(\varepsilon_{ijk}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left\{ -\frac{[X_{ijk} - (d_i - d_j) - (d_{ik} - d_{jk}) - \mu_{ij}]^2}{2\sigma^2} \right\}$$

--- ③ となる。

ここで $f(\varepsilon_{ijk})$ の尤度関数 L は

$$L = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right)^{mr} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \cdot \frac{Q}{\sigma^2} \right\} \quad \text{--- ④ と表わされる。}$$

$$\text{ただし } Q = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \sum_k [X_{ijk} - (d_i - d_j) - (d_{ik} - d_{jk}) - \mu_{ij}]^2 \quad \text{--- ⑤}$$

ここで, 試料 A_i の平均的効果の最尤推定値 $\hat{d}_i$ (検査員の平均的感覚あるいは嗜好に裏付けられた試料 A_i の尺度値) は,

$$\frac{\partial Q}{\partial d_i} = -\sum_j \sum_k [X_{ijk} - (d_i - d_j) - (d_{ik} - d_{jk}) - \delta_{ij}] = 0 \quad \text{--- ⑥より}$$

$$\hat{d}_i = \frac{\sum_{j,k} X_{ijk}}{mr} \quad \text{--- ⑦ となる。}$$

以上で主効果 d_i の推定値 $\hat{d}_i$ が求まるのであるが，この値が総計的に有意かどうかを検定する必要がある。

検定ははじめに分散分析により，全体としての有意性を確かめ，有意であるという結果が出たならば， $\hat{d}_i$ の相互間の差の有意性をステューデント化された範囲により検定する。なお，個人差，組合せ効果についても分散分析によつて検定する。手順は以下のとおりである。

下表の分散分析表において，分散比 A/D は自由度 (φ_1, φ_2) ， $\varphi_1 = m-1$ ， $\varphi_2 = \frac{1}{2}(m-1)(m-2)(r-1)$ のF分布に従うので，仮説 $d_i = d_j$ を検定するには，有意水準 α に対するFの値 $F_{\varphi_2}^{\varphi_1}(\alpha)$ をF表より求め $F > F_{\varphi_2}^{\varphi_1}(\alpha)$ のときは仮説を棄却すればよい。

分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
主効果	$S_d = \frac{1}{mr} \sum_i (\sum_{j,k} X_{ijk})^2$	$f_d = (m-1)$	$A = \frac{S_d}{m-1}$	$\frac{A}{D}$
主効果 × 個人	$S_{d(B)} = \frac{1}{m} \sum_i \sum_k (\sum_j X_{ijk})^2 - S_d$	$f_{d(B)} = (m-1)(r-1)$	$B = \frac{S_{d(B)}}{(m-1)(r-1)}$	$\frac{B}{D}$
組合せ 効果	$S_r = \frac{1}{r} \sum_i \sum_{i < j} (\sum_k X_{ijk})^2 - S_d$	$f_r = \frac{1}{2}(m-1)(m-2)$	$C = \frac{2 S_r}{(m-1)(m-2)}$	$\frac{C}{D}$
誤差	$S_\varepsilon = S_t - S_d - S_{d(B)} - S_r$	$f_\varepsilon = \frac{1}{2}(m-1)(m-2)(r-1)$	$D = \frac{2 S_\varepsilon}{(m-1)(m-2)(r-1)}$	
総計	$S_t = \sum_i \sum_{i < j} \sum_k X_{ijk}^2$	$f_t = \frac{1}{2}m(m-1)r$		

以上の検定で主効果に有意性が認められたならば，次には，

主効果推定値相互間の差 $|\hat{\alpha}_i - \hat{\alpha}_j|$ が有意であるかどうか検定する必要がある。半順は以下のとおりである。

信頼性係数を ϵ とすると Yard Stick, $Y_{1-\epsilon}$ は

$$Y_{1-\epsilon} = q_{1-\epsilon} \sqrt{\hat{\sigma}^2 / tm} \quad \text{--- ⑧} \quad \text{で表わされる。}$$

ここに、

$q_{1-\epsilon}$: Student化された q の範囲の表で、個数 m ,
自由度 $\frac{1}{2}(m-1)(m-2)(r-1)$ に対する q の上限の
値を表わす。

$$\hat{\sigma}^2 : \frac{S\epsilon}{f_\epsilon} = \frac{2 S\epsilon}{(m-1)(m-2)(r-1)}$$

$|\hat{\alpha}_i - \hat{\alpha}_j| > Y_{1-\epsilon}$ のとき $\hat{\alpha}_i$ と $\hat{\alpha}_j$ の差は有意であると判定する。

以上が尺度の構成および検定方法の概要であるが、求められた尺度が厳密な意味で間隔尺度となり得るかどうかは、この分野でもあまり明確でないというのが実状であり、つぎのような見解が一般的である。¹⁷⁾

「まず尺度を構成・定義することが先決で、その保証は対象刺激の状態を表わす物理・化学的測定値 R と尺度 S との間に $S=f(R)$ を確立すればよく、この関係ができてしまえば、この関係に準じて尺度を解釈・利用すればよい。」

本研究でもこの見解にそつて、尺度を構成する段階では尺度の性格を厳密には検討せず、以後の研究で、 $S=f(R)$ の関係を求めて尺度の機能を規定することとする。

第4節 試料

6.4.1 試料製作上の条件

官能検査に用いる床の試料としては、実存する体育館の床が実状に合致するという観点からは最も好ましいと考えられるが、体育館の所在地が互いに離れているため相対的判断を

行なうことが不可能であること，仮定義された弾力性に関する各要素の影響の度合を知るために検査目的に合致するような様々な性状を有する床を必要とするが実存する床だけでは不十分であることなどから，様々な特徴をもたせたいくつかの床を1箇所製作することが必要である。

製作される床は人為的に様々な性状を持たせるので以後「模擬床」と呼ぶことにする。

模擬床を製作するにあつての条件はつぎのとおりである。

- かたさ，はねかえり，振動の減衰，に関して実存する体育館の床の範囲および将来とも考えられる程度の範囲を網羅すること。

なお，かたさ，はねかえり，振動の減衰なる使用感上の要素に床の動的変形挙動から得られるいかなる物理量が対応するかは本章の段階では厳密な意味では不明であるが，かたさに関しては，弾力性測定装置で実地測定された体育館の床の荷重－変形曲線，および変形エネルギーをその参考資料とし，はねかえり，振動の減衰に関しては同じく，実地測定された体育館の床の変形－時間曲線と対比させて，推定ではあるがその程度を設定する。

- 検査員の疲労・倦怠を考慮して，模擬床の数を10個前後とする。
- 模擬床の大きさは，官能検査における判断と通常の体育館における判断との間に差が生じないように，検査員が適当な動作で運動するのに十分な大きさとする。
- 官能検査期間中，模擬床の諸性状に変化が生じないように製作を入念に行なう。

6.4.2 模擬床の製作経過および結果

6.4.1 に述べた条件で，木造組床5個（5個を一体とする）塗床4個，単純支持梁床2個，計11個の模擬床を製作するこ

とに決定した。

木造組床は、弾力性測定装置によつて測定される、荷重—変形曲線の勾配および変形エネルギーの値が、実存床の値の上下限を含み、かつ、ほぼ同間隔にこれらの値が配列されるようにする。

塗床も木造組床と同じ考え方で、荷重—変形曲線の勾配および変形エネルギーの値に関し、実存床の測定結果を参考にし、実存する塗床の範囲を含みかつ将来とも考えられる程度をも包括させる。

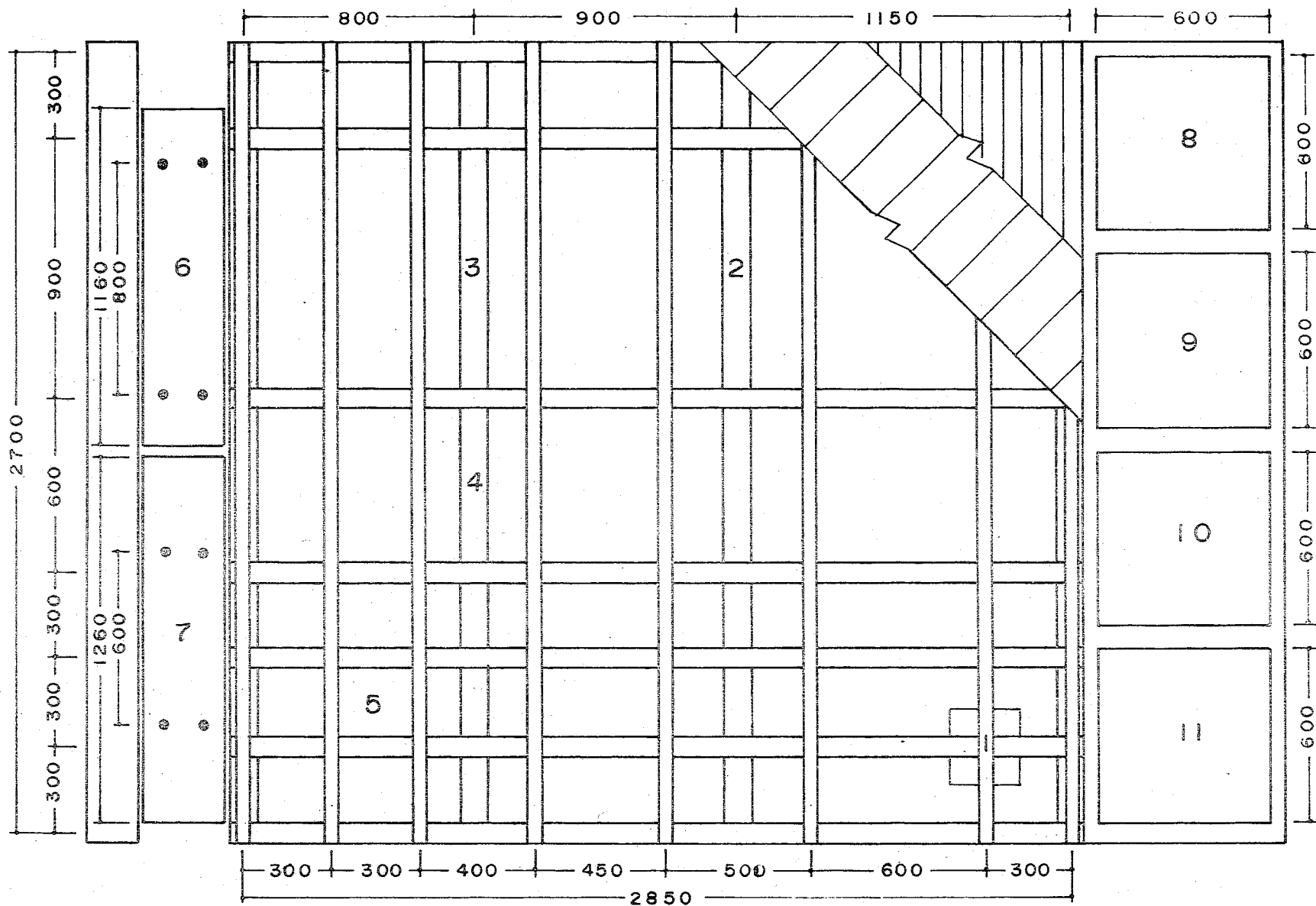
単純支持梁床はおもに、はねかえりおよび振動の減衰の影響を検討するための試料なので、木造組床および塗床よりもはねかえりが強く、振動の減衰時間が長くなるように鋼製スプリングで支持する。

以上の製作指針で目的の性状が得られるまで、弾力性測定装置で測定を行ないながら試作を繰り返し、図—6・1(イ),(ロ)、写真—6・1に示したような11個の検査点をもつ模擬床を製作した。(以後、11個の検査点を模擬床・1, 2, …… 11とよぶ)

製作した模擬床の荷重—時間曲線および変形—時間曲線を図—6・2(イ)~(ロ)に、荷重—変形曲線を実存床の代表例とともに図—6・3に、同じく変形エネルギーの値を図—6・4に示した。なお、図—6・2~図—6・4は弾力性測定装置の荷重板径が50^{mm}の場合のものであり、図中の数字は模擬床番号を示す。

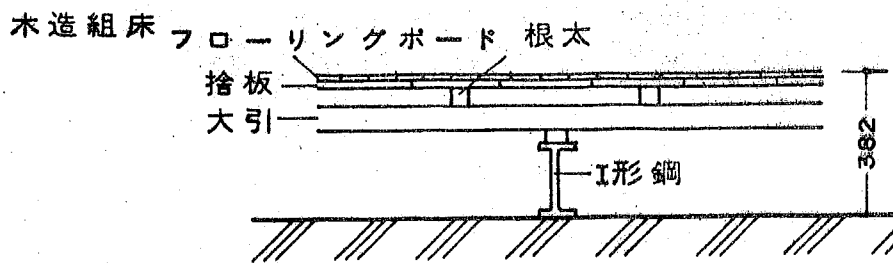
模擬床・1~模擬床・5は大引・根太の間隔を変化させて荷重—変形曲線の勾配および変形エネルギーを設定した木造組床で図—6・3、図—6・4に示したように、実存する体育館の床のなかでは材料・構法上もつとも一般的な木造組床の荷重—変形曲線の勾配および変形エネルギーの範囲を網羅していることから、官能検査において弾力性に関する感覚および嗜好を知る試料としてもつとも一般的な試料といえる。

縮尺 1:20



1~5: 木造組床
6~7: 単純支持
梁床
8~11: 塗床

図-6・1 (イ) 模擬床平面図



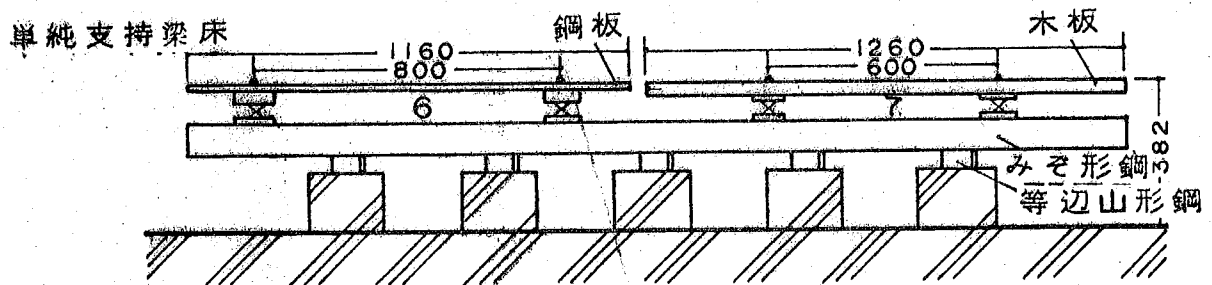
1~5: フローリングボード ナラさねはぎ加工床板, 厚 15 幅 70

捨板 杉 厚 16 幅 170

根太 紅松 50 x 33

大引 紅松 71 x 71

I形鋼 200 x 100 x 7 x 10



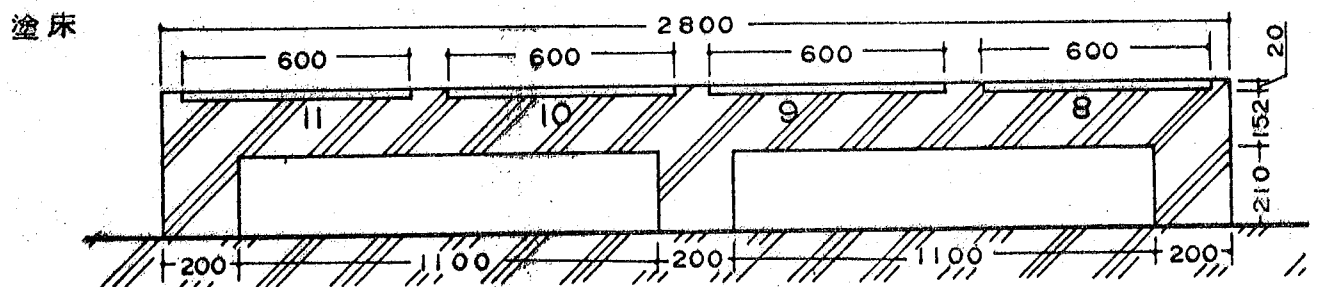
6: 鋼板 1260 x 285 x 12

コイルスプリング ばね定数 $171.91 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$, ばね長 40

7: 木板 (ラワン) 1160 x 285 x 30

コイルスプリング ばね定数 $282.48 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-1}$, ばね長 40

みぞ形鋼: 200 x 90 x 8 x 13.5 等辺山形鋼: 70 x 70 x 6



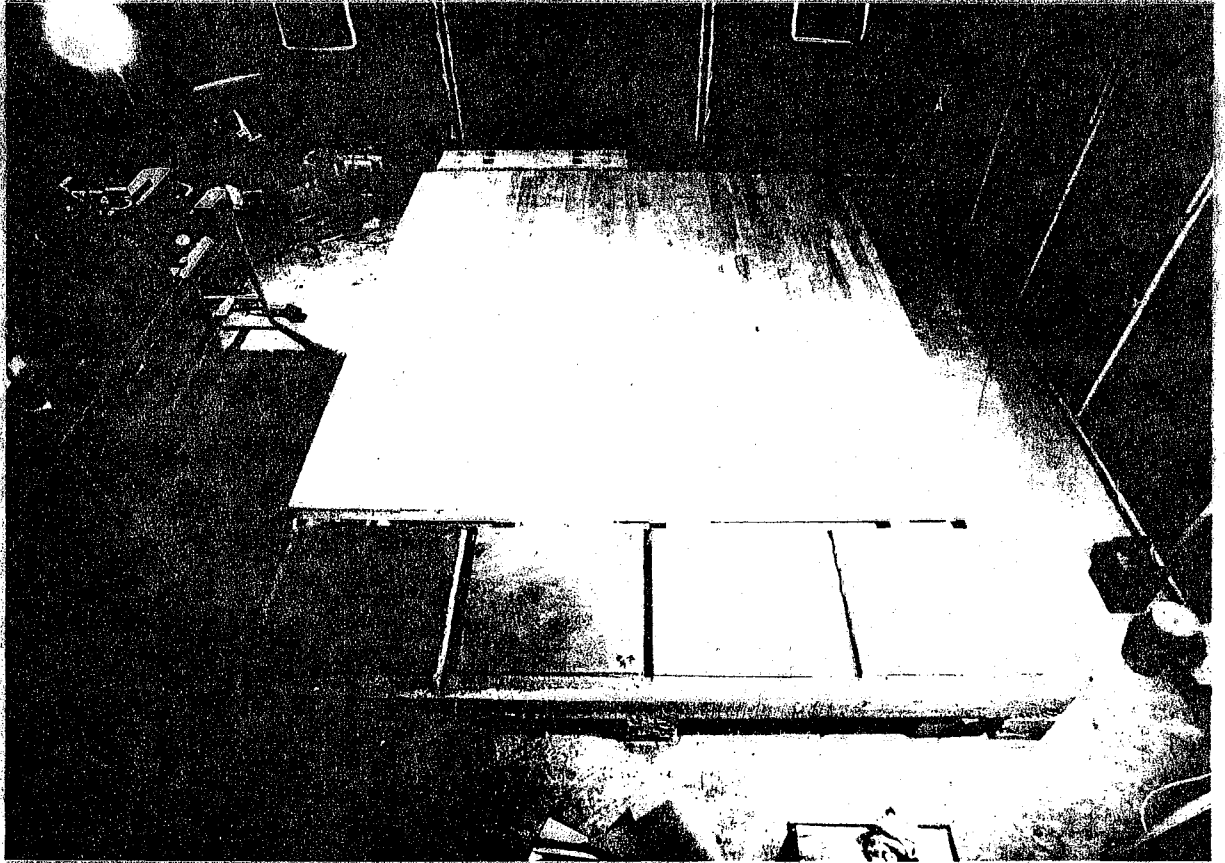
8: ゴム, 厚 20

9: ゴム, 厚 20

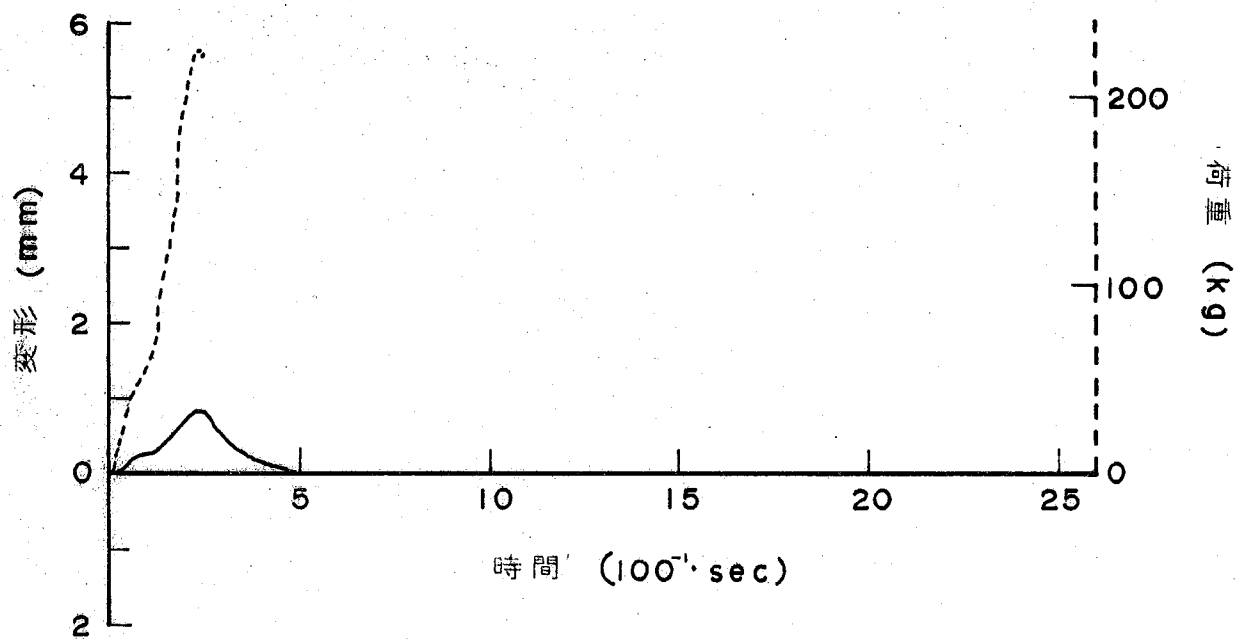
10: ウレタン, 厚 20

11: ネオテックス+コルクチップ+セメントモルタル, 厚 18

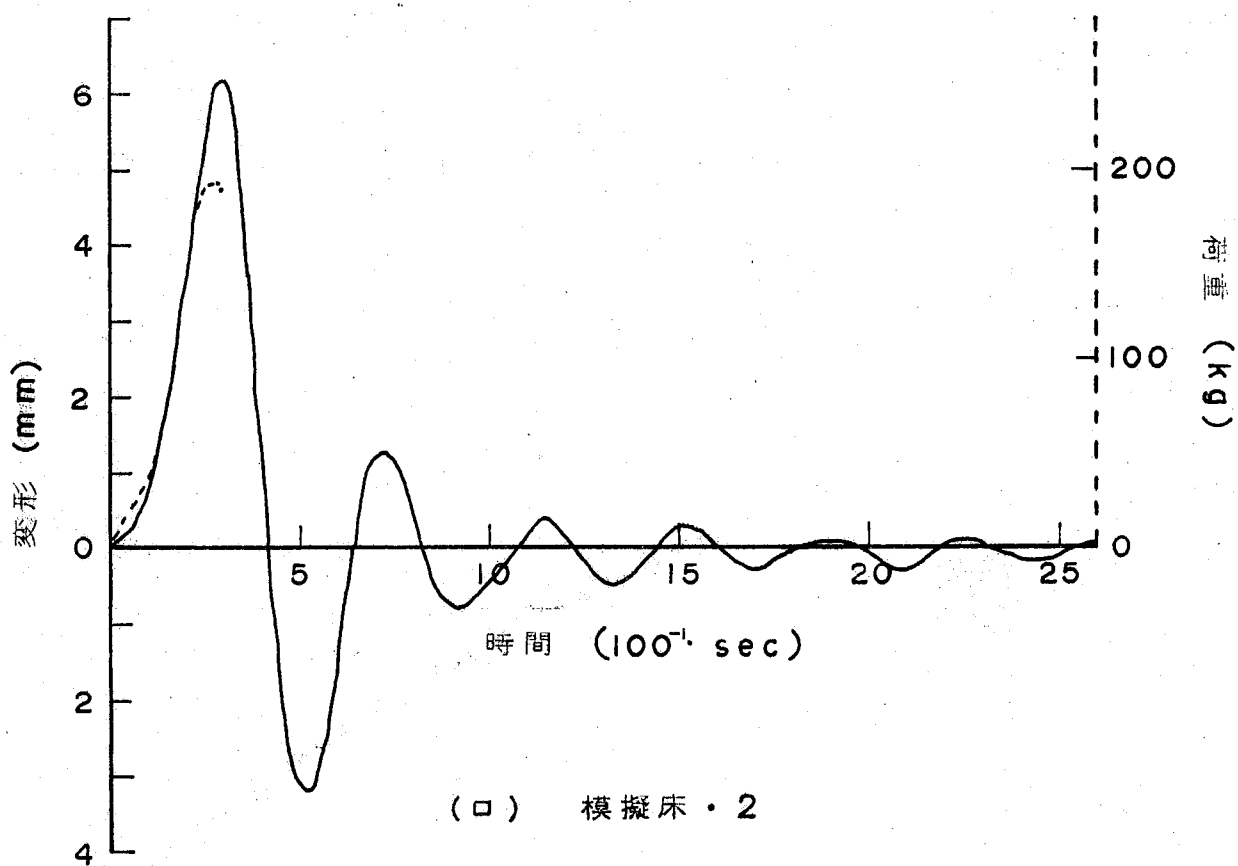
図-6・1 (ロ) 模擬床断面図および仕様



写真一六・一 模擬床



(イ) 模擬床・1



(ロ) 模擬床・2

図-6・2 模擬床の荷重、変形-時間曲線

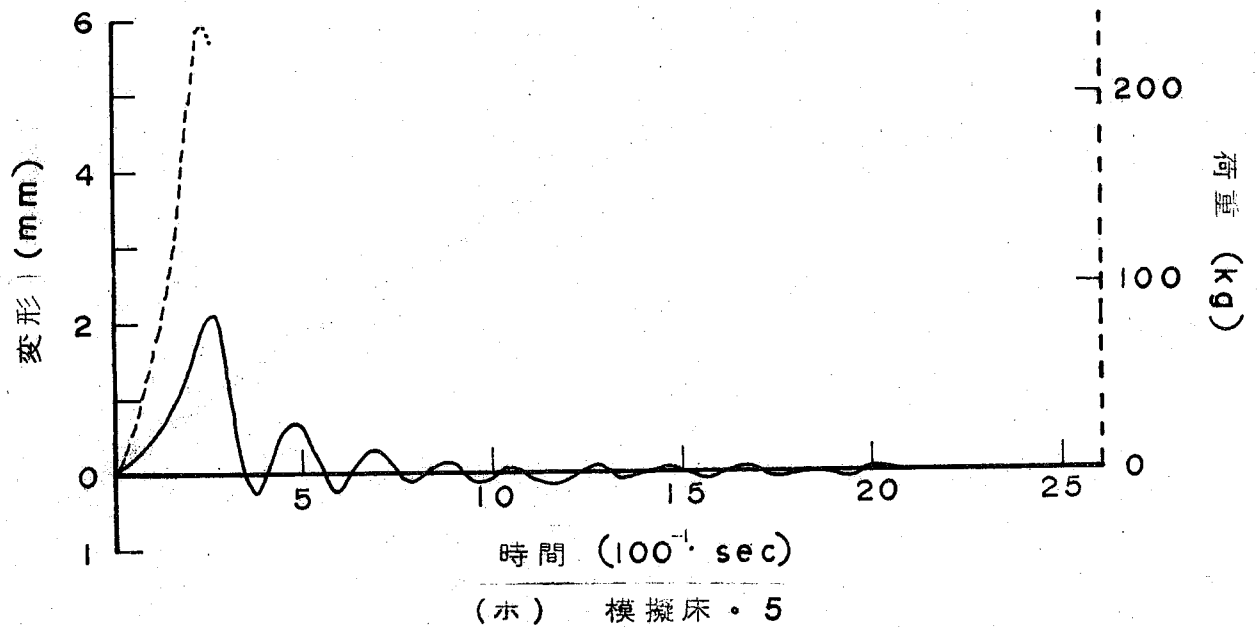
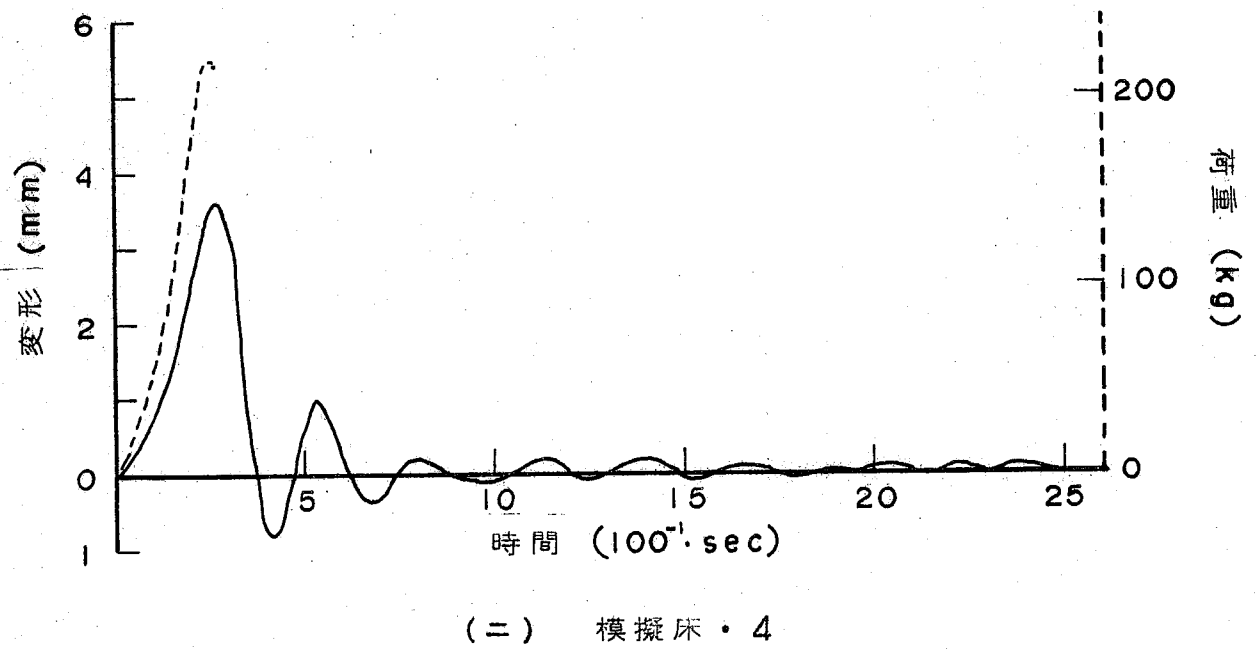
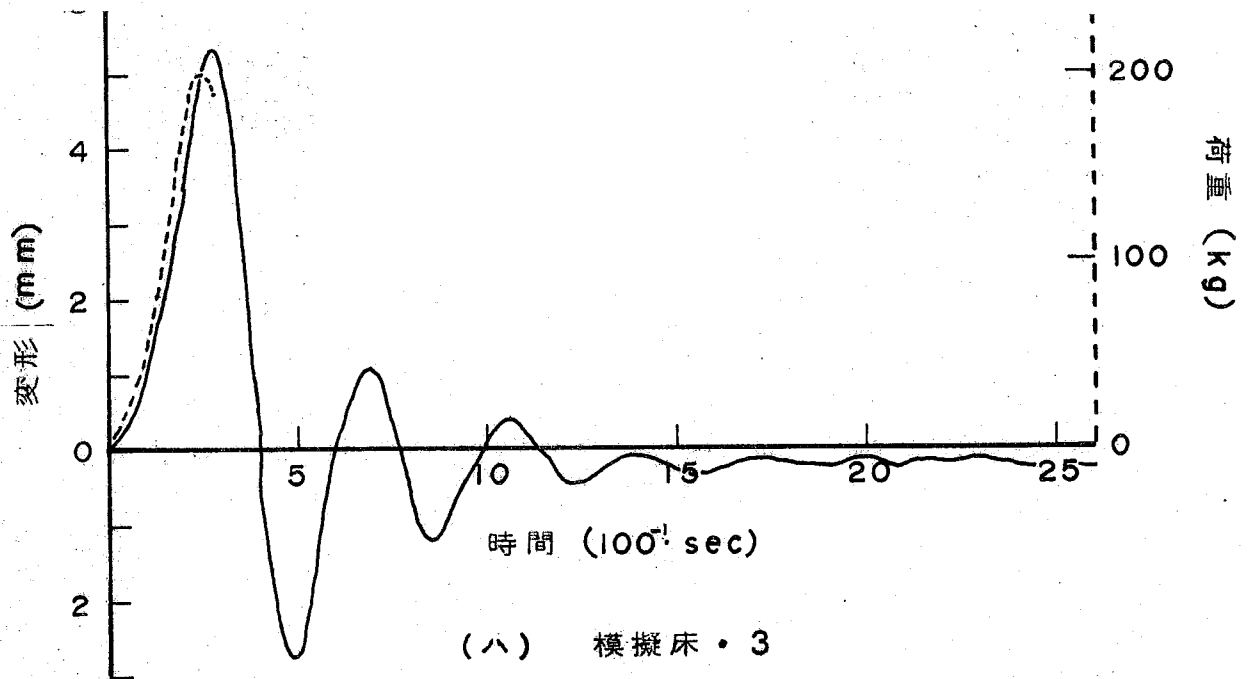


図-6・2 模擬床の荷重、変形-時間曲線

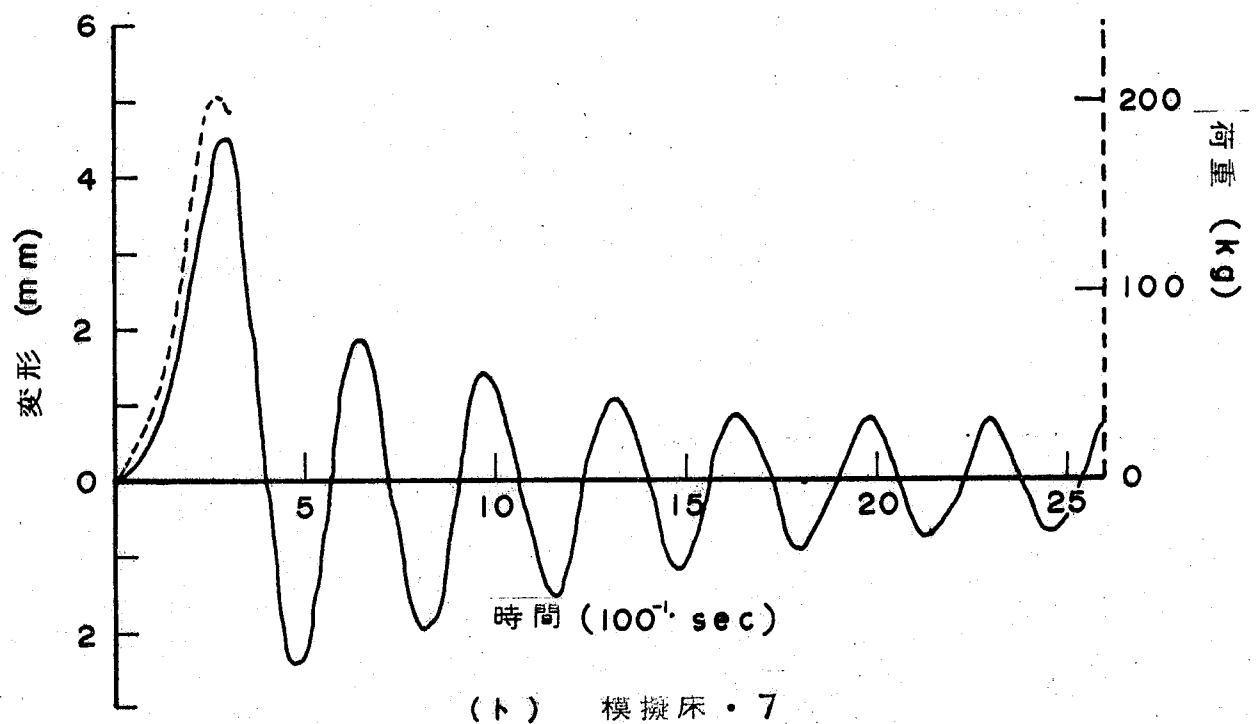
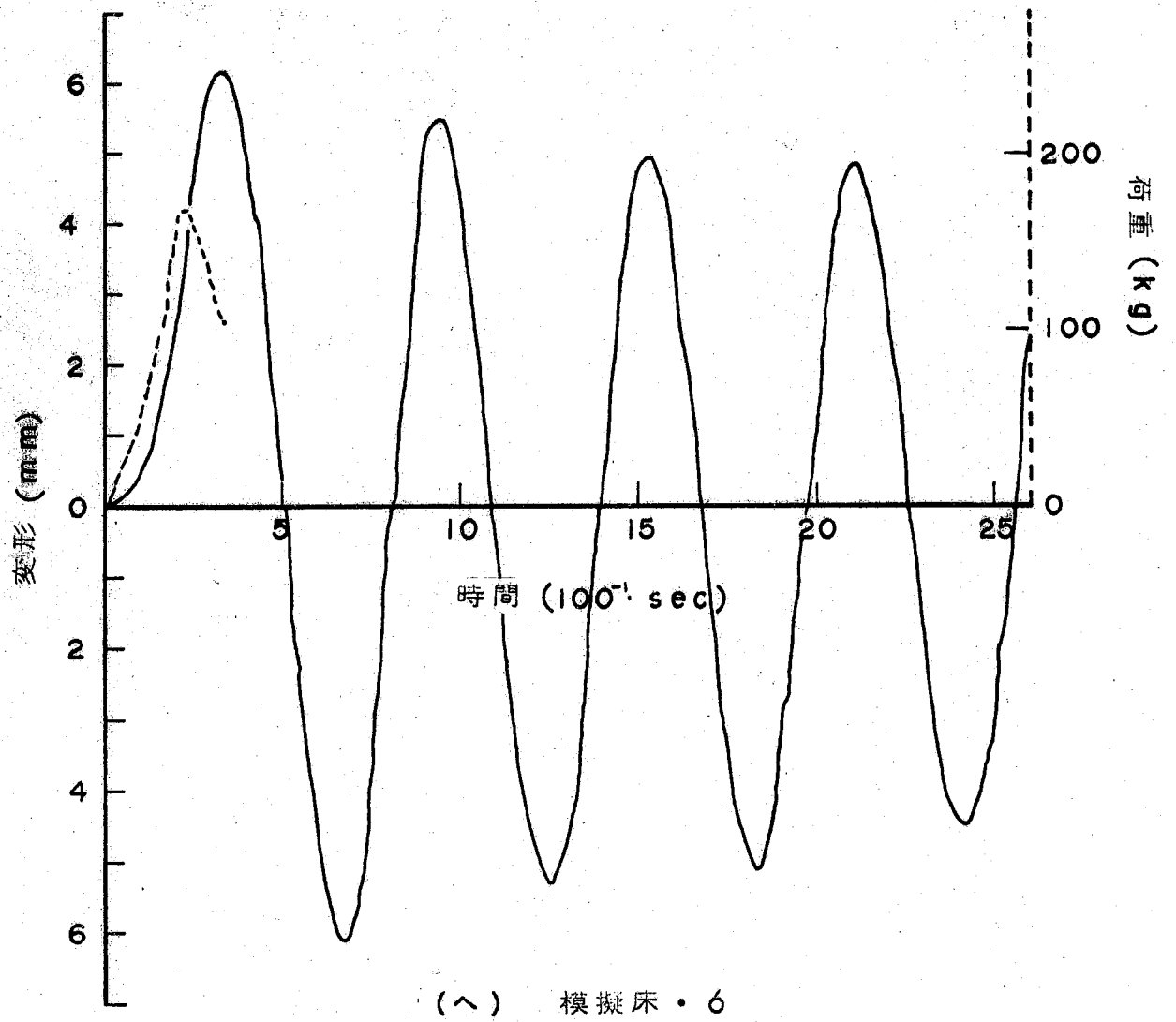
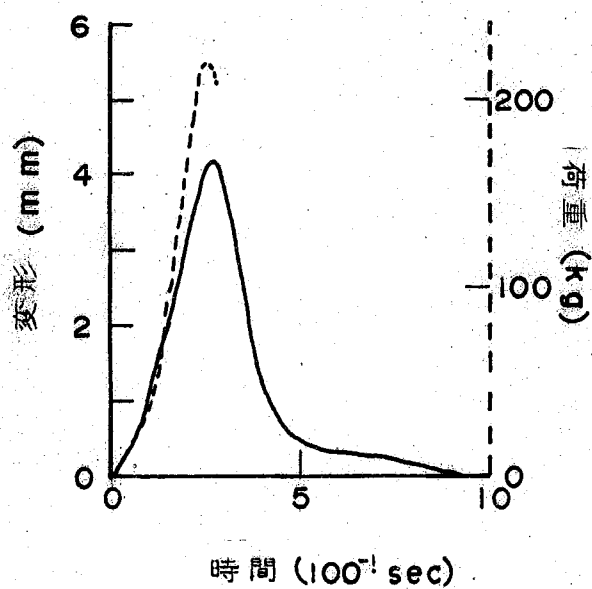
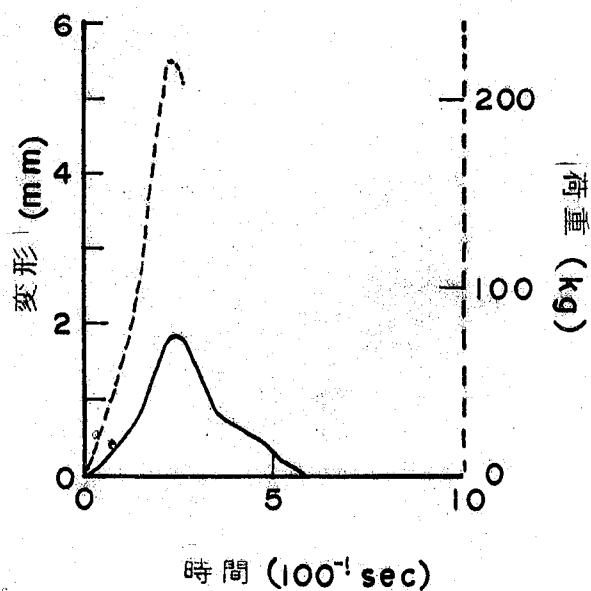


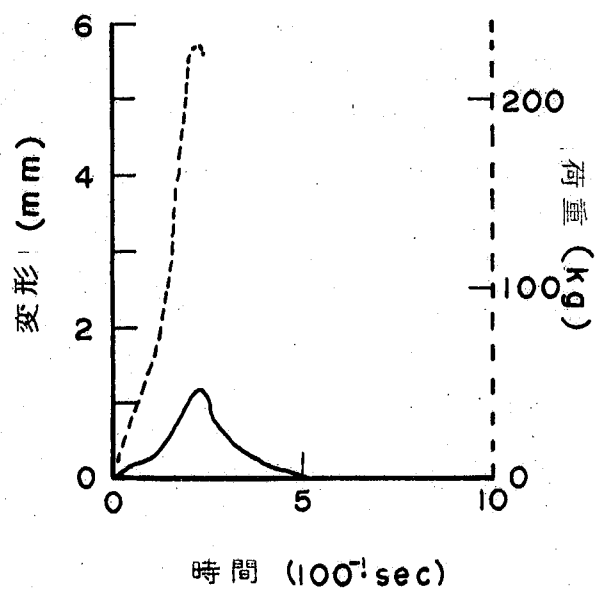
図-6・2 模擬床の荷重、変形—時間曲線



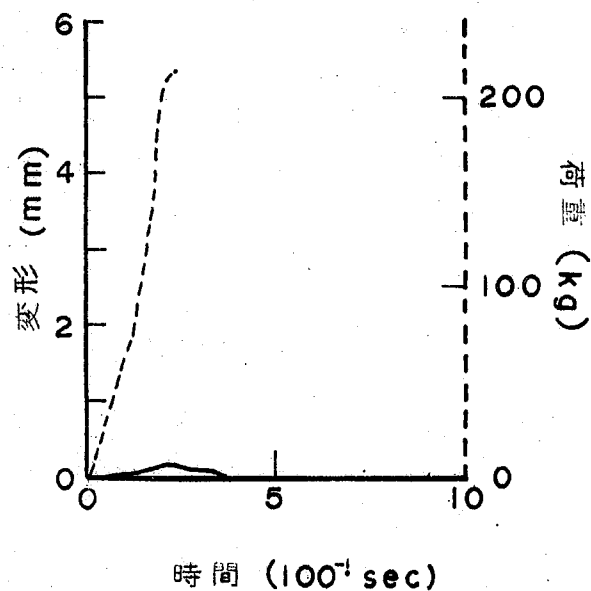
(チ) 模擬床・8



(リ) 模擬床・9



(ヌ) 模擬床・10



(ル) 模擬床・11

図-6・2 模擬床の荷重、変形—時間曲線

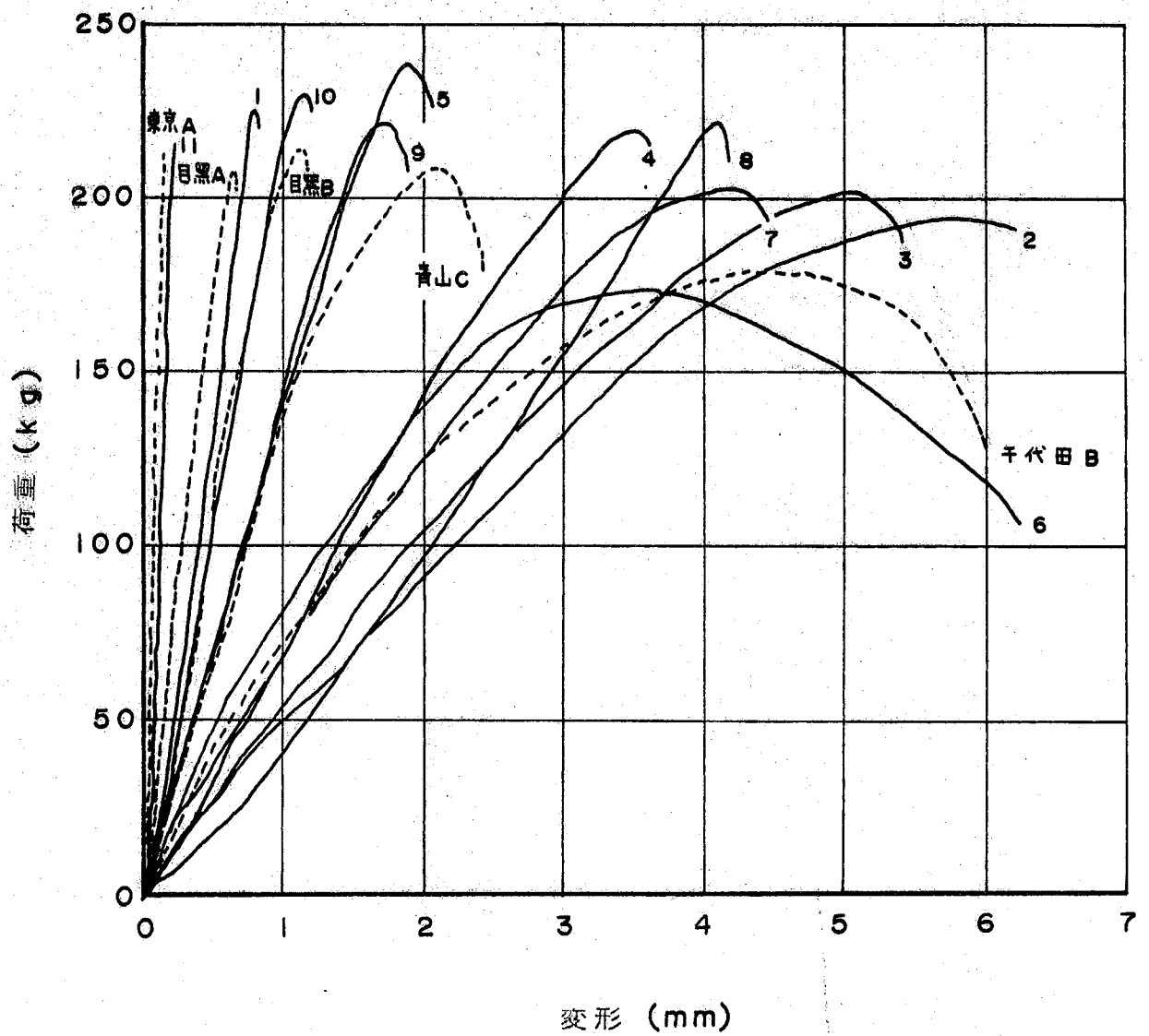


図-6・3 模擬床および実存床の荷重-変形曲線

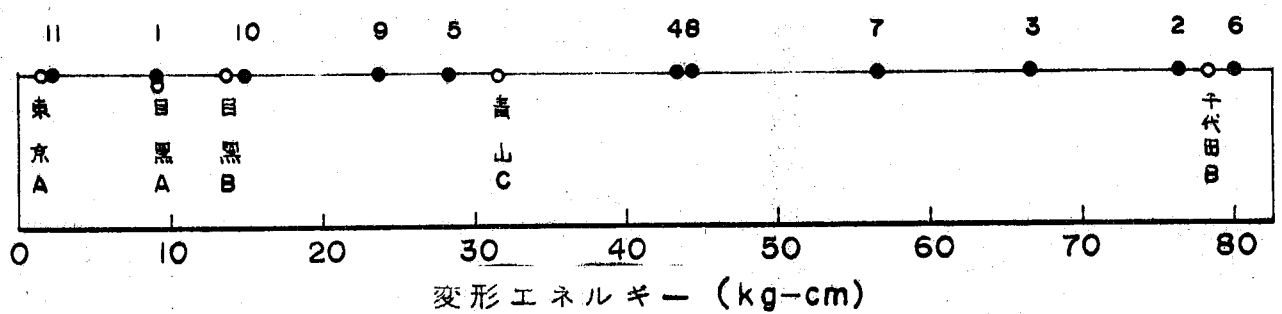


図-6・4 模擬床および実存床の変形エネルギー

模擬床・6，模擬床・7は鋼板および木板をおのおの4個の鋼製コイルスプリングで支持した単純支持梁形式の模擬床で，図一6・2(ハ)，(ト)から推察できるが，一般的な床とみなせる木造組床にくらべてはねかえりがつよくかつ振動の減衰時間が長いと想定される試料で，実際にはあり得ない床と考えられるが，はねかえりおよび振動の減衰の影響をよく検討できる試料といえる。

模擬床・8～模擬床・11は塗床で，図一6・3から明らかなように，荷重—変形曲線の勾配の値の大きいもの（つまり変形エネルギーの小さいもの）は実存する塗床とほぼ同じ程度であり，小さいもの（つまり変形エネルギーの大きいもの）は数人が運動してみてもやわらかすぎると判断された模擬床である。また，図一6・2(ケ)～(ロ)から推察できるが，この模擬床は一般的な床とみなせる木造床にくらべはねかえりが弱くかつ振動の減衰時間が短かいと想定される試料である。

なお，各要素に対応する物理量は現段階では，図一6・2～図一6・4から概括的に想像するほかに手段はない。これらの物理量は構成される尺度との対応を考察してから決定されるものである。

模擬床・1～模擬床・11は一個所にまとめて同一レベルに製作したもので，検査員が蹴躍→着地などの動作を行なうのに十分な広さをもっていると考えられる。

なお，床表面の色彩，すべりの差異が弾力性の判断に影響しないようにすべての模擬床の表面をうす緑色の防滑塗料で仕上げた。

これらのことから，製作された模擬床は弾力性に関する主要な要素と考えられる，かたさ，はねかえり，振動の減衰に関し，実存する体育館の床の範囲を網羅していると同時に，人間の使用感上，将来考えられる範囲をも網羅していると考

えられ、官能検査の試料として充分満足できる試料であるといえるがこのことに関する妥当性は尺度を構成した後あらためて論ずることとする。

各検査点には検査点番号を標示し、検査では検査点番号標示のある点において運動動作をおこなわせて判断させることとした。

なお、模擬床は床面積 $6^m \times 9^m = 54^m^2$ のシートハウス内に設置され、模擬床上面から天井までの高さは 2.7^m あり、検査員が指定された検査点の上で自由な運動動作を行なうのに十分な環境とみなせるものである。

第5節 検査員

6.5.1 検査員の選定条件

体育館の床の官能検査における検査員を選定する時に考慮しなければならない事項としてつぎのことがあげられる。

1. 競技種目
2. 競技歴、競技能力、年令
3. 性別
4. 身長・体重などの肉体的条件
5. 検査員数

これらの事項に関してつぎのように検討を加えた。

1) 競技種目に関して

室内体育館で行なう運動競技のなかで、弾力性の良否を鋭敏に感じる運動競技種目としては上下左右の運動動作の激しい競技種目が該当し、具体的な種目としてバドミントン、バスケットボール、バレーボールが考えられる。

一方、弾力性に関してあまり鋭敏でないものとしては、特に専門のスポーツを行っていない一般人が該当すると考えられる。

これらのことから、該当する運動競技種目を、バドミントン、バスケットボール、バレーボール、参考として一般の4つとした。

2) 競技歴、競技能力、年令に関して

弾力性に関して鋭敏で、かつ、数多くの体育館を使用し、経験が豊富なことが必要なことから、競技歴が長く、かつ、競技能力の高い競技選手を選定する必要がある。さらに、検査のための時間を充分にとれることも必要なことから、対象競技選手として、各種目関東大学学生リーグの一部および二部リーグで正選手として活躍している競技選手とした。また、一般人の対象としては、特に専門の運動競技を行つた経験がない大学学生とした。

それゆえ、年令は18才から25才となり、運動競技において一番活躍できる年令であり、本研究における官能検査の検査員の年令としては理想的であると考えられる。

3) 性別

弾力性に関する感覚および嗜好に関して男女の間に差があるかどうかは厳密には官能検査を行つてみなければわからないことであるが、第2章の弾力性に関する使用感調査結果において、男女の使用感の間に大きな差異がないことから、女性を男性に準ずるものとし、検査員の性を男性だけとした。

4) 身長・体重などの肉体的条件に関して

官能検査における検査員の選抜において、身長・体重などの肉体的条件まで考慮することは無理と考えられたので、肉体的条件は附加しないこととした。

5) 検査員数

検査員の数は多ければ多いほど好ましいことはいうまでもない。しかしながら経済的問題などの要因で当然のことながら検査員の数に制限が加えられる。

本研究で検査員となる運動競技選手は嗜好調査検査員なので、大型として $200^{\wedge} \sim 200,000^{\wedge}$ 、中型として $40^{\wedge} \sim 200^{\wedge}$ が適当とされているが、嗜好調査検査員のなかでも専門検査員、感覚・嗜好研究検査員とみなされるので中型でよいと考えられることから、一応の目安として検査員の数を一般男子を含めて $60^{\wedge} \sim 70^{\wedge}$ とした。

なお、⑧式より明らかのように、検査員の判断のばらつきと検査員数によつて、求められる尺度値間の有意差範囲の値が規定されるので、尺度値間の有意差範囲を明確にし、その範囲内で論議を展開すれば、一定数以上の検査員数の多少は大きな問題とはならないことから、設定した検査員数に不足はないと考えられる。

以上の検討から、検査員として、バドミントン、バスケットボール、バレーボール、3競技種目の昭和48年度男子関東大学学生一部および二部リーグで活躍している正選手、各種目 $15^{\wedge} \sim 20^{\wedge}$ 、計 $45^{\wedge} \sim 60^{\wedge}$ 程度、さらに一般男子 $15^{\wedge} \sim 20^{\wedge}$ 程度を検査員として選定することとした。

また、同一チームからの検査員数は、常時使用している体育館の床に対する慣れの影響などが極端に生じないように、最大限 $5^{\wedge}$ としなるべく数多くのチームから検査員を抽出することとした。

6.5.2 検査員一覧

6.5.1の条件で検査員を選定した。

表-6-1(イ)~(ニ)は検査員の年令・身長・体重・競技歴・所属を一覧にしたものであり、すべての検査員が検査員の条件に合致しているといえる。

なお、以後バドミントンはBAD、バスケットボールはBAS、バレーボールはVOL、一般男子はM、バドミントンとバスケットボールとバレーボールを一緒にしたものをB・B

表-6・1 検査員一覧 (イ)

バドミントン (BAD)

検査員 番号	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	競技歴(年)	大学名(大学)
1	20	170	58	6	中央
2	19	170	57	5	〃
3	19	173	64	6	〃
4	20	160	57	7	〃
5	23	160	53	4	立教
6	21	170	64	7	〃
7	19	171	66	5	〃
8	22	172	65	4	〃
9	20	169	58	5	明治
10	20	170	60	6	〃
11	22	169	59	7	千葉
12	22	177	62	3	〃
13	21	170	55	3	〃
14	20	168	56	5	〃
15	21	168	61	9	慶応
16	20	168	53	7	〃
17	19	174	61	4	〃
18	21	174	68	9	青山学院
19	21	170	56	9	〃

表-6・1 検査員一覧 (口)

バスケットボール (BAS)

検査員 番号	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	競技歴(年)	大学名(大学)
1	19	177	65	8	東京
2	20	176	69	8	〃
3	19	180	73	8	〃
4	20	174	62	8	〃
5	20	178	75	9	学習院
6	21	170	58	8	〃
7	21	176	72	8	〃
8	19	180	67	7	東京教育
9	18	183	68	7	〃
10	21	173	68	8	東京学芸
11	22	189	78	10	〃
12	20	176	63	9	〃
13	21	175	70	10	〃
14	22	176	70	9	中央
15	21	188	76	7	〃
16	20	170	65	8	〃
17	22	185	73	9	〃

表-6・1 検査員一覧 (ハ)

バレーボール (VOL)

検査員 番号	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	競技歴(年)	大学名(大学)
1	18	184	76	7	明治
2	20	175	65	9	〃
3	18	181	80	4	〃
4	21	177	65	9	〃
5	19	181	70	6	日本
6	20	174	64	4	〃
7	18	168	70	6	〃
8	22	175	72	10	〃
9	21	181	67	8	青山学院
10	19	170	63	8	〃
11	20	180	70	8	順天堂
12	19	182	70	6	〃
13	20	185	71	7	〃
14	20	178	75	8	〃
15	21	170	63	7	〃

表 6・1 検査員一覧 (二)

一般 (M)

検査員 番号	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)
1	2 5	1 8 5	7 1
2	2 4	1 6 4	5 0
3	2 2	1 7 1	5 7
4	2 3	1 6 0	6 0
5	2 3	1 7 5	5 5
6	2 2	1 7 0	5 9
7	2 3	1 8 2	7 2
8	2 3	1 5 9	5 1
9	2 5	1 7 1	7 1
1 0	2 3	1 7 7	5 6
1 1	2 2	1 6 3	6 0
1 2	2 3	1 6 8	6 1
1 3	2 9	1 7 0	6 0
1 4	2 4	1 7 6	6 0
1 5	2 2	1 6 3	5 4
1 6	2 1	1 7 4	5 9
1 7	2 5	1 6 4	6 1

・Vとする。

第6節 官能検査経過および結果

6.6.1 官能検査における質問事項および検査条件

弾力性の仮定義にしたがつて、表-6.2のように質問事項を決定し、検査内容の要旨とともに検査員に提示した。

また、検査条件としてつぎのことを決定した。

1. 比較判断における評価は5段階評価とし、評点は下表のようにする。

試料jに対して試料iが					
項目 \ 評点	-2	-1	0	1	2
各要素嗜好 総合嗜好	非常にきらい	ややきらい (少し)	同じ わからない	ややすき (少し)	非常にすき
かたさ感覚	非常にやわらかい	やややわらかい (少し)	〃	ややかたい (少し)	非常にかたい
はねがえり感覚	非常によわい	ややよわい (少し)	〃	ややつよい (少し)	非常につよい
振動の減衰感覚	非常にみじかい	ややみじかい (少し)	〃	ややながい (少し)	非常にながい

2. 試料の提示順序は、提示順序によるかたむきが生じないように各検査員ごとに不規則にする。このため表-6.3に示したごとく、基礎データシートには試料提出順の欄を設け、検査員ごとに不規則にする。

3. 質問は一对の試料に関しつぎの順序で行なう。

かたさ感覚 → かたさ嗜好 → はねがえり感覚 → はねがえり嗜好 → 振動の減衰感覚 → 振動の減衰嗜好 → 総合嗜好

4. 質問は口頭で行ない、検査員から口頭で回答を受け、検査者が記録する。

表 - 6 ・ 2 検査要覧

検査項目	意 味	検査内容	質 問	判断するための動作	回 答
かたさ	ジャンプして着地した時の床のかたさ	- かたさだけに関する差の判断 - かたさだけに関する好みの判断	- どちらをかたく感じますか - どちらのかたさが好きですか	ジャンプ、着地 その他自由	2つの検査点(い、う) を比較して いまはうの方が ・非常に…… ・やや(少し)…… ・同じ差を感じる わからない の3段階の答え
はねかえり	ジャンプあるいは着地した瞬間の床のはねかえり、また、はねかえり	- はねかえり だけに 関する差の判断 - はねかえり だけに 関する好みの判断	- どちらのはねかえりを強く感じますか - どちらのはねかえりが好きですか	ジャンプ、着地 その他自由	
振動の減衰	着地した後の床の振動の減衰具合	- 振動の減衰具合だけに 関する差の判断 - 振動の減衰具合だけに 関する好みの判断	- どちらの振動が長く続きますか - どちらの振動の減衰具合が好きですか	ジャンプ、着地 そのままの姿勢で	
総合嗜好	競技する上での総合的な好み	総合的に判断した場合の好みの判断	あなたが競技を行なう上で総合的にどちらの弾力上が好きですか	ジャンプ、着地 その他自由	

(注意事項)

- ・各項目の判断は、なるべく他の項目から分離して行なう。
- ・判断は指示された2つの検査点に限定して、互いに比較して行なう。
- ・好みの判断は、いづれもあなたがあなたの専門の競技を行なう上でのことを想定して行なう。

5. 検査前に、検査目的、注意事項を充分説明する。
6. 検査における衣服、シューズなどは、検査員が日常運動時に装着しているものとする。
7. 検査は準備運動を充分行わせてから始める。
8. 検査における動作はおもに跳躍→着地の動作とし、その他各自自由な動作を行わせる。
9. 検査中、検査員が疲れたら自由に休ませる。
10. 床の発音・すべりなど、弾力性以外の要因は判断に入れないように注意する。

6.6.2 官能検査経過および結果

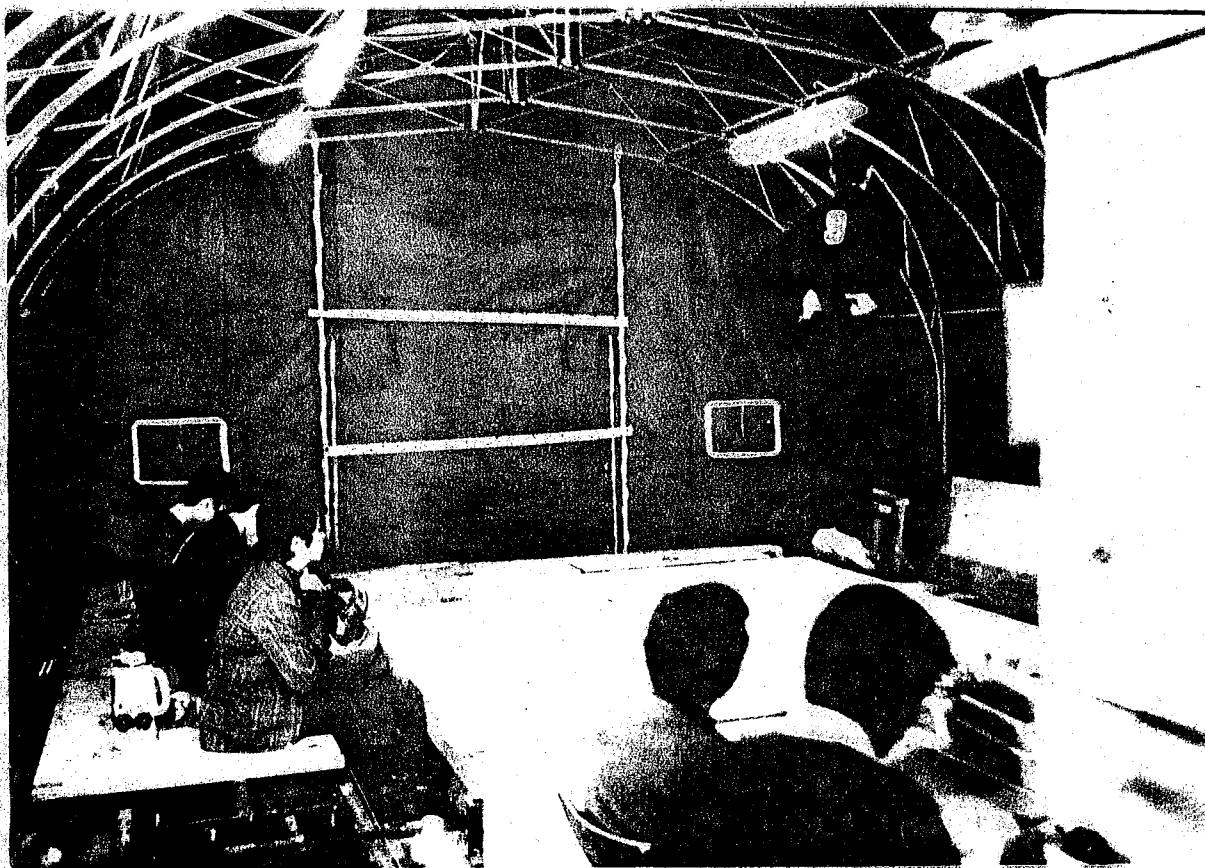
検査は昭和48年7月30日から同年12月5日の間に行った。
検査状況を写真—6-2に示した。

試料は11個あるので組合せの数は $11(11-1)/2 = 55$ (組)で各組に関し7項目の判断を行なうので結局検査員1人が $55 \times 7 = 385$ の判断を行った。

検査員(運動競技選手)1人当りの正味検査時間は50分～60分、途中2～3度、10分～15分程度の休憩をとりながら検査を行った結果、極端な倦怠・疲労は見受けられず検査を終了した。

BAD, BAS, VOLの検査員は7項目の質問に対し、2～3度の跳躍→着地の動作で迷うことなく判断していた。このことは、ひとつの質問に対し、質問の時間、返答の時間を含めて8 sec～10 secで判断していることから裏付けられる。

なお、競技歴が長く、かつ、競技能力の高い運動競技選手は通常、使用する体育館の床の諸性状を2～3度の跳躍→着地の動作で直感的に判断するが、本研究における官能検査でも、前述したように2～3度の跳躍→着地の動作で判断していることから、官能検査における判断と通常の体育館における判断との間に有意な差がないことが推察できる。



写真—6・2 官能検査状況

検査月日：7月30日

検査員：BAD-1

試料 提出順	模擬床 i, j	要素							
		かたさ		はねがえり		振動の減衰		総合	
		感覚	嗜好	感覚	嗜好	感覚	嗜好	嗜好	
12	1, 2	2	0	-1	0	-2	0	0	
46	1, 3	1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	
18	1, 4	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
54	1, 5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
11	1, 6	1	0	-2	1	-2	1	1	
40	1, 7	1	0	-1	0	-1	1	1	
27	1, 8	2	0	0	0	0	1	1	
20	1, 9	1	-1	0	0	0	1	0	
45	1, 10	1	-1	0	0	0	1	0	
24	1, 11	0	0	0	0	0	0	0	
42	2, 3	-1	-1	0	0	0	0	-1	
13	2, 4	-1	-1	0	0	1	-1	-1	
4	2, 5	-2	-1	1	-1	1	-1	-1	
25	2, 6	0	1	-1	1	-2	2	2	
1	2, 7	-1	1	-2	2	-2	2	2	
41	2, 8	1	1	1	1	1	1	2	
48	2, 9	0	0	0	0	1	1	2	
33	2, 10	-1	1	1	1	1	1	2	
34	2, 11	-2	0	1	1	2	0	0	
10	3, 3	-1	0	0	0	1	0	0	
28	3, 5	-1	1	1	1	1	1	1	
17	3, 6	0	0	-1	2	-1	2	2	
19	3, 7	-1	1	-1	1	-1	1	2	
2	3, 8	1	1	1	1	1	1	2	
26	3, 9	0	0	1	1	1	1	2	
29	3, 10	-1	1	1	1	1	1	2	
43	3, 11	-1	2	1	1	1	1	2	
6	4, 5	-1	1	1	1	1	1	1	
47	4, 6	1	1	-1	1	-2	2	2	
31	4, 7	0	1	-1	1	-2	2	2	
36	4, 8	1	1	0	0	1	1	2	
49	4, 9	1	1	1	1	1	1	2	
30	4, 10	0	0	1	1	1	1	2	
7	4, 11	-1	1	1	1	1	1	1	
52	5, 6	1	0	-1	1	-2	1	1	
15	5, 7	0	0	-1	1	-2	2	2	
32	5, 8	2	0	0	0	1	1	1	
38	5, 9	1	-1	0	0	1	1	1	
14	5, 10	0	0	0	0	1	1	1	
22	5, 11	-1	1	1	1	1	1	1	
55	6, 7	-1	-1	0	0	1	-1	-1	
44	6, 8	1	1	0	0	2	-1	0	
37	6, 9	0	0	1	-1	2	-1	-1	
5	6, 10	-1	-1	2	-2	2	-2	-2	
16	6, 11	-1	0	2	-1	2	-1	-1	
23	7, 8	1	1	1	1	2	-1	0	
35	7, 9	0	0	1	0	2	-1	-1	
53	7, 10	-1	0	1	0	2	-1	-1	
21	7, 11	-1	0	2	0	1	-1	-1	
39	8, 9	-1	-1	0	0	0	0	-1	
8	8, 10	-1	-1	0	0	0	0	-1	
3	8, 11	-2	0	0	0	0	0	0	
50	9, 10	-1	1	0	0	0	0	1	
9	9, 11	-1	1	0	1	0	0	1	
51	10, 11	-1	1	0	1	0	0	1	

表-6・4 基礎データシートの一例

要素：総合嗜好

検査員競技種目：バドミントン(BAD)

検査員 i, j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1, 2	0	-1	0	-1	1	1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2
1, 3	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	0
1, 4	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2
1, 5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1
1, 6	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
1, 7	1	0	1	-1	1	1	-1	1	0	0	-1	-1	1	-1	1	1	-1	0	0
1, 8	1	-1	1	1	2	2	-1	1	0	-1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
1, 9	0	-1	-1	-1	1	2	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
1, 10	0	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	1	-1	-1	0	1
1, 11	0	1	0	1	1	1	0	-1	1	0	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1
2, 3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	0	0
2, 4	-1	-1	-1	1	-1	-2	-1	-1	1	0	-2	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-2
2, 5	-1	1	-1	1	1	-2	1	-1	1	0	-1	0	-1	1	2	-1	1	1	-1
2, 6	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1
2, 7	2	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	-1	-1	2	2	1	1	1	1
2, 8	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	1	1
2, 9	2	1	1	1	1	0	1	1	1	2	-2	-1	-1	1	1	1	1	1	-1
2, 10	2	2	-1	1	-1	-1	1	-1	2	2	-1	1	-1	1	1	2	1	1	1
2, 11	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2
3, 4	0	1	-1	-1	1	-1	1	-2	1	1	-2	-1	-1	2	1	1	1	-1	-1
3, 5	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	-1	2	1	1	2	1	2
3, 6	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
3, 7	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1
3, 8	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	0
3, 9	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	-1	2	1	1	1	2	1	1	1
3, 10	2	1	2	1	2	1	1	1	2	0	-2	1	1	1	1	1	1	1	1
3, 11	2	2	2	1	1	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
4, 5	1	1	2	1	1	-1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
4, 6	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1
4, 7	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
4, 8	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1
4, 9	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
4, 10	2	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1
4, 11	1	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2
5, 6	1	1	1	1	1	2	0	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
5, 7	2	1	1	1	1	2	1	1	-1	1	2	-1	1	1	1	2	1	1	2
5, 8	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	0	1	2	1	0	2
5, 9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	0	1	1	1	2	1	0	1
5, 10	1	1	1	1	1	2	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1
5, 11	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2
6, 7	-1	0	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1
6, 8	0	-1	0	1	-1	1	1	-1	-2	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
6, 9	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
6, 10	-2	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2
6, 11	-1	-1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	0	-1	1	-1	-2	-1	1	1
7, 8	0	-1	0	1	1	1	-1	1	1	0	-1	0	-1	-1	0	1	1	-1	-1
7, 9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
7, 10	-1	0	-1	1	-1	-1	0	-1	1	-1	-2	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1
7, 11	-1	0	0	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1
8, 9	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1
8, 10	-1	1	-1	-1	-1	-2	1	-1	0	-1	-2	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
8, 11	0	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0	1	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	0	1
9, 10	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-2	2	1	-1	1	0	-1	-1	-1	0
9, 11	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-1	1	1
10, 11	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1

なお、一般男子の検査員は運動競技選手にくらべ、判断に多少多くの時間を必要とし、かつ、迷っている傾向が見受けられた。

また、検査期間を通じ模擬床の諸性状の経時変化を弾力性測定装置で測定しながら監視したが、変化は見受けられなかった。

以上の経過で、各項目につき、55(組)×68(名)=3740個、7項目あるので全部で3740×7=26180個の尺度構成のための基礎資料(x_{ijk})を得た。

表-6.3は検査員1名に関する x_{ijk} の値を一覧にした基礎データシートの例、表-6.4はひとつの項目に関するひとつの種目の全検査員の x_{ijk} の値を一覧にした例である。

第7節 弾力性の使用感に関する心理学的尺度の構成

求められた x_{ijk} を用いて、第4節で述べた尺度構成手法に準じて、分散分析を行って主効果の有意性を確認した上で尺度を構成した。

なお、尺度構成の数値計算はすべて東京工業大学情報処理センターの電子計算機HITAC 8700で行った。

第8節 考察

6.8.1 弾力性に関する要素感覚尺度

図-6.5(イ)~(ハ)は各種目ごとに求められた感覚尺度を尺度線上に表示し、種目間の尺度の差異などをわかりやすくしたものである。尺度線上の数字は模擬床番号を示し、 $\longleftrightarrow$ 印は尺度間の有意差範囲(危険率5%)を示す。右欄は分散分析の結果を一覧にしたものである。(・・は危険率1%で有意、・は危険率5%で有意の意味)

表-6.5(イ)~(ハ)は各要素における種目間の尺度の差異を検討

するための単相関係数(r)を一覧にしたものである。(以後同様の図・表における表示はすべて同じとする。)

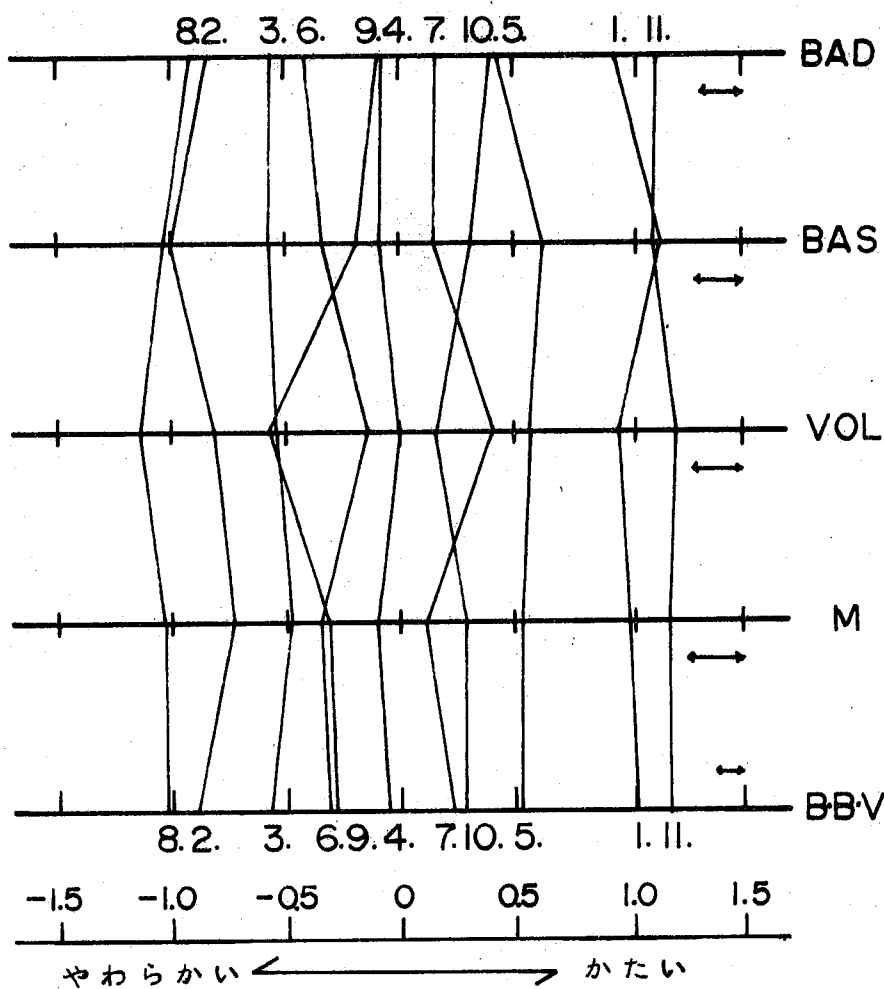
各々の要素において、各種目とも主効果の分散比が他とくらべて非常に大きく高度に有意であり、各々の要素の刺激に関して模擬床間に有意な差があること、検査自体が有効であることがわかる。

個人差はすべての要素および種目において有意であり、分散比、寄与率がはなれかえり、かたさ、振動の減衰の順に大きくなっている。この原因としては、上記の要素の順に、検査員の判断基準に差異があること、各要素に関して感覚上独立に抽出して判断するのが多少困難だったことなどが考えられる。

試料の組合せ効果もすべての要素において有意であるが、寄与率が主効果の値にくらべてかなり小さく大きな問題とはならない。

以上から、主効果が有意でかつ寄与率も個人差、組合せ効果とくらべて相当大的な値なので求められた尺度は充分意味をもつといえるが、尺度を使用する場合は尺度間の有意差範囲をつねに考慮することが必要といえる。

なお、図-6.5、表-6.5から種目間の尺度に大きな差はないこと、要素感覚尺度は総合嗜好尺度と物理量との対応を行なう際に基礎的な資料として用いるだけであること、模擬床・6、7ははなれかえり、振動の減衰の感覚に関して極端な値となっているが、刺激の感覚に関しては予想されたことであり、感覚上の全体的な傾向を考察する段階では異常な試料として取り扱う必要はないこと、から以後使用する要素感覚尺度としては、すべての模擬床および運動競技選手の判断を基礎資料として構成したB・B・Vの尺度を代表的尺度として用いるのが妥当と考える。(以後、○○○感覚尺度-B・B・V-IIと呼



	分散比	寄与率%
主効果	294.8**	62
主×個	4.6**	13
組合せ	3.1**	2

	分散比	寄与率%
主効果	242.9**	63
主×個	3.4**	10
組合せ	2.6**	1

	分散比	寄与率%
主効果	200.1**	57
主×個	5.0**	16
組合せ	3.3**	3

	分散比	寄与率%
主効果	168.8**	49
主×個	4.9**	18
組合せ	3.5**	3

	分散比	寄与率%
主効果	714.4**	59
主×個	4.4**	14
組合せ	7.0**	2

図-6・5 (イ) かたさ感覚尺度

表-6・5 (イ) かたさ感覚尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B · B · V	
0.9925	0.9558	0.9895	0.9931	B A D
	0.9666	0.9903	0.9963	B A S
		0.9781	0.9819	V O L
			0.9954	M

$r(9, 0.01) = 0.7436$

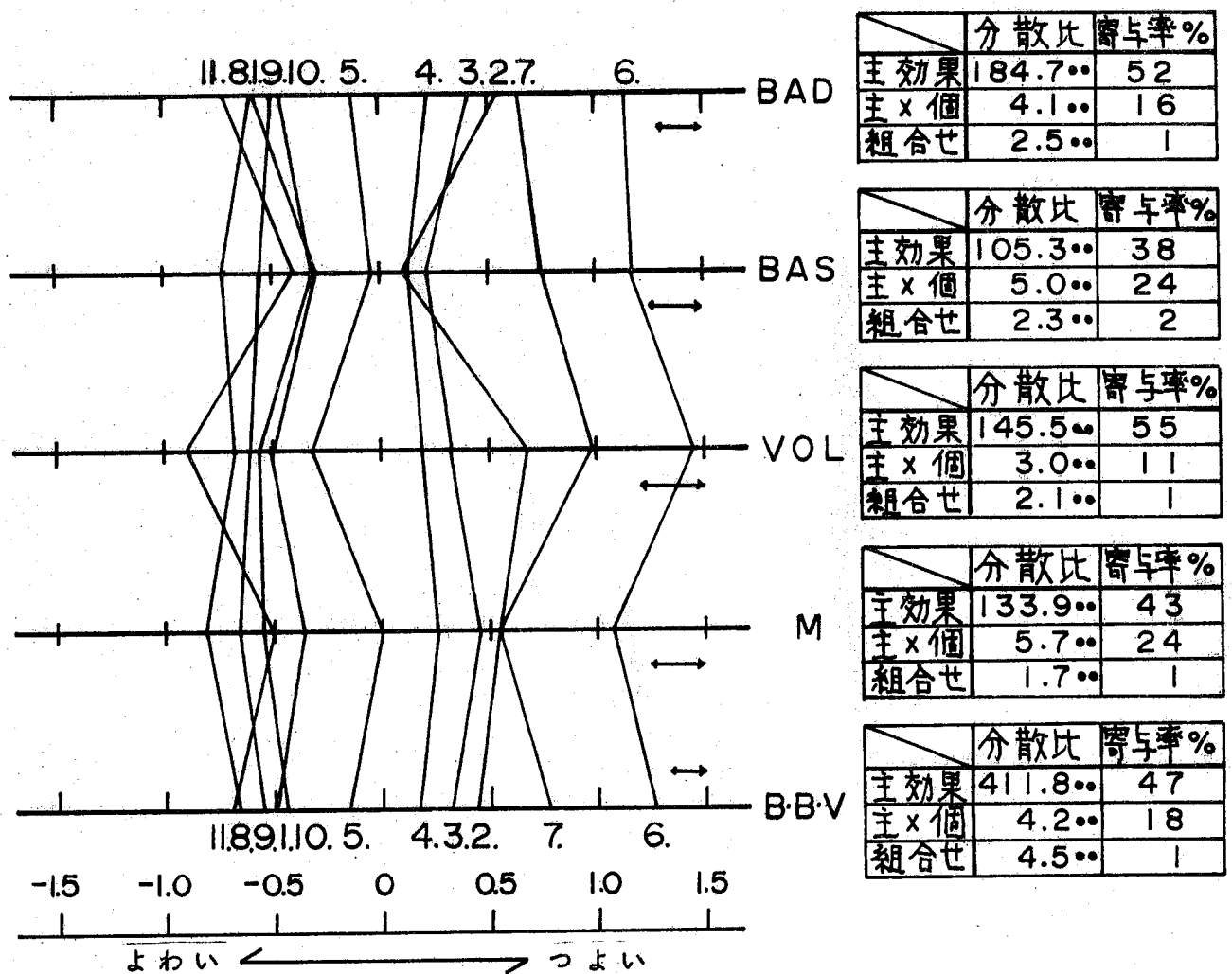
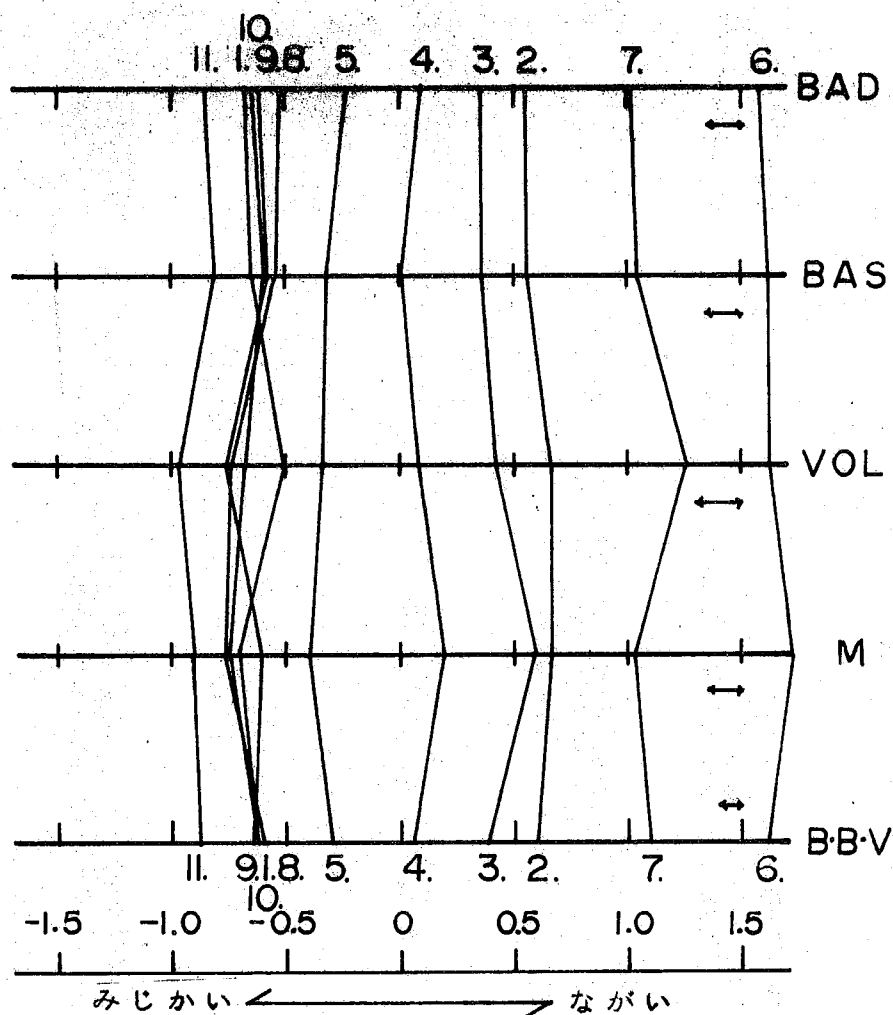


図-6・5 (ロ) はねかえり感覚尺度

表-6・5 (ロ) はねかえり感覚尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B・B・V	
0.9377	0.9871	0.9751	0.9907	B A D
	0.9485	0.9454	0.9728	B A S
		0.9575	0.9938	V O L
			0.9734	M

$r(9, 0.01) = 0.7436$



	分散比	寄与率%
主効果	541.8..	75
主 x 個	2.5..	3
組合せ	9.9..	5

	分散比	寄与率%
主効果	466.0..	74
主 x 個	3.2..	5
組合せ	8.0..	5

	分散比	寄与率%
主効果	390.0..	73
主 x 個	2.9..	5
組合せ	8.3..	6

	分散比	寄与率%
主効果	598.7..	79
主 x 個	2.3..	2
組合せ	9.8..	5

	分散比	寄与率%
主効果	1365.6..	73
主 x 個	2.9..	5
組合せ	23.7..	5

図 - 6・5 (ハ) 振動の減衰感覚尺度

表 - 6・5 (ハ) 振動の減衰感覚尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B · B · V	
0.9977	0.9912	0.9926	0.9986	B A D
	0.9916	0.9919	0.9987	B A S
		0.9894	0.9962	V O L
			0.9935	M

$r(9, 0.01) = 0.7436$

表一六・六 要素感覚尺度詳細

模 擬 床	かたさ感覚尺度 — B・B・V—II	はねかえり感覚尺度 — B・B・V—II	振動・減衰感覚尺度 — B・B・V—II
1	1.0106	-0.4652	-0.6274
2	-0.8966	0.4426	0.5700
3	-0.5757	0.3297	0.3814
4	-0.0695	0.1782	0.0570
5	0.5311	-0.1634	-0.3084
6	-0.3172	1.2513	1.6043
7	0.2245	0.7701	1.0963
8	-1.0231	-0.6702	-0.6060
9	-0.2870	-0.5579	-0.6541
10	0.2887	-0.4439	-0.6470
11	1.1140	-0.6702	-0.8859
危険率5% 有 意 差 範 囲	0.1257	0.1434	0.1003

ぶ)

表一6.6はB・B・Vの要素感覚尺度と尺度間の有意差範囲の詳細な値を示したものである。

模擬床を製作する段階で、各要素の刺激の強弱に関して想定した結果が感覚上検査結果に表われているかどうかを図一6.5から検討するとつぎのようである。

かたさに関しては、木造床(1~5)、塗床(8~11)とも求められた尺度の範囲にほぼ等間隔に分散しており、単純支持梁床(6,7)はほぼ中間に位置していて条件を充分満足している。

はねかえりに関しては、木造床(1~5)にくらべてつよいことが想定された単純支持梁床(6,7)、および、よわいことが想定された塗床(8~11)とも期待どおりの結果となっている。

振動の減衰に関しては、木造床(1~5)にくらべて減衰時間がみじかいことが想定された塗床(8~11)、および、ながいことが想定された単純支持梁床(6,7)とも期待どおりの結果となっている。

これらのことから、製作した模擬床は各々の要素に関して感覚上想定したと通りの結果を得ており、官能検査の試料として充分であることが裏付けられているといえる。

6.8.2 弾力性に関する要素嗜好尺度

図一6.6(イ)~(ロ)に11個の模擬床より構成された要素嗜好尺度の構成結果、表一6.7(イ)~(ロ)に構成された尺度の種目間の相関表を示した。

各要素において、各種目とも主効果は分散比が他にくらべて非常に大きく高度に有意であり、各々の要素の嗜好に関して模擬床間に有意な差があること、検査自体が有効であることがわかる。

個人差もすべての要素において有意であり，各要素の嗜好に関して個人差があること，指定された要素だけの嗜好の判断が多少困難だったことなどが推察される。特に運動競技選手にくらべ一般男子は各要素に関して尺度の上下端の幅がせまく，かつ，個人差の寄与率が特に高いことから，嗜好に大きなかたまりがあること，嗜好に対する明確さが低いことがうかがわれ，日常本格的に運動競技を行っていない検査員の特性がよく表われているといえる。

試料の組合せ効果も2,3の例を除いて有意であるが，寄与率が主効果の値にくらべて極端に小さく大きな問題とはならない。

図一6.5と図一6.6の比較から，すべての要素において各種目とも，感覚にくらべ嗜好は求められた尺度の上下端の幅がせまいこと，主効果の分散比が小さいことが明らかであり，刺激の強弱の感覚上の差にくらべ嗜好の差がせまいこと，検査員の判断の一致の度合は感覚の方が高いことがわかる。

図一6.6，表一6.7から種目間の尺度に大きな差はないこと，要素嗜好尺度は総合嗜好尺度と床の物理量との対応に関する考察を行なう際の基礎的な資料として用いるだけであることから，以後使用する要素嗜好尺度としては，すべての運動競技選手の判断を基礎資料として構成したB・B・Vの要素嗜好尺度をその代表的尺度として用いるのが妥当と考える。

表一6.8にB・B・Vの要素嗜好尺度(〇〇〇—嗜好尺度—B・B・V—II)と尺度間の有意差範囲の詳細な値を示した。

なお，模擬床・6,7は，図一6.5(ロ)，(イ)の結果から明らかとなり，はねかえりを強くかつ振動の減衰時間を極端に長くした床で，図一6.5(イ)においてかたさ感覚上は模擬床全体の中程に位置しているが，図一6.6(イ)のかたさ嗜好上では他の模擬床にくらべて極端にきらわれている。

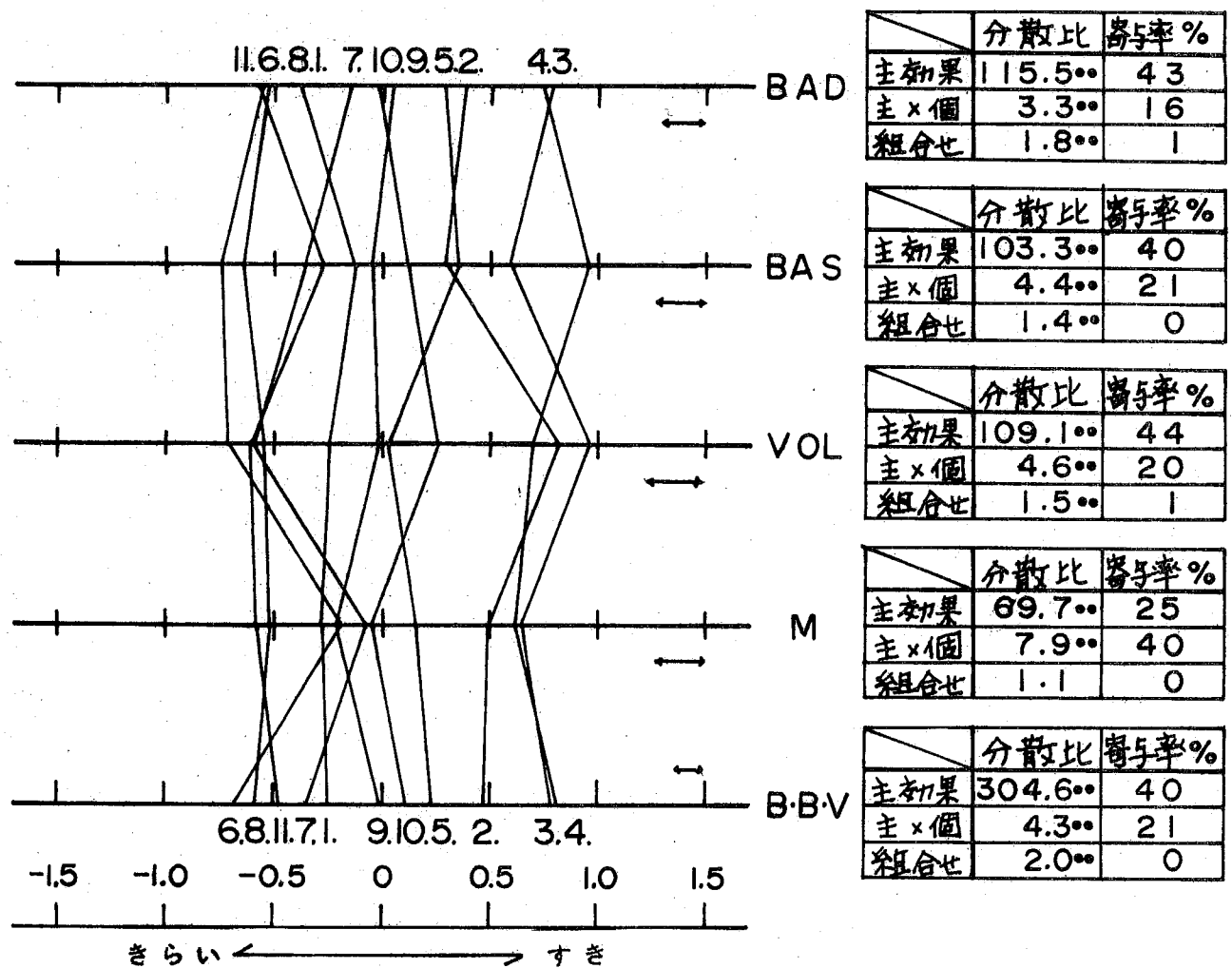


図-6・6 (イ) かたさ嗜好尺度

表-6・7 (イ) かたさ嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B · B · V	
0.9301	0.9228	0.9413	0.9801	B A D
	0.8902	0.8424	0.9671	B A S
		0.8910	0.9658	V O L
			0.9193	M

$r(9, 0.01) = 0.7436$

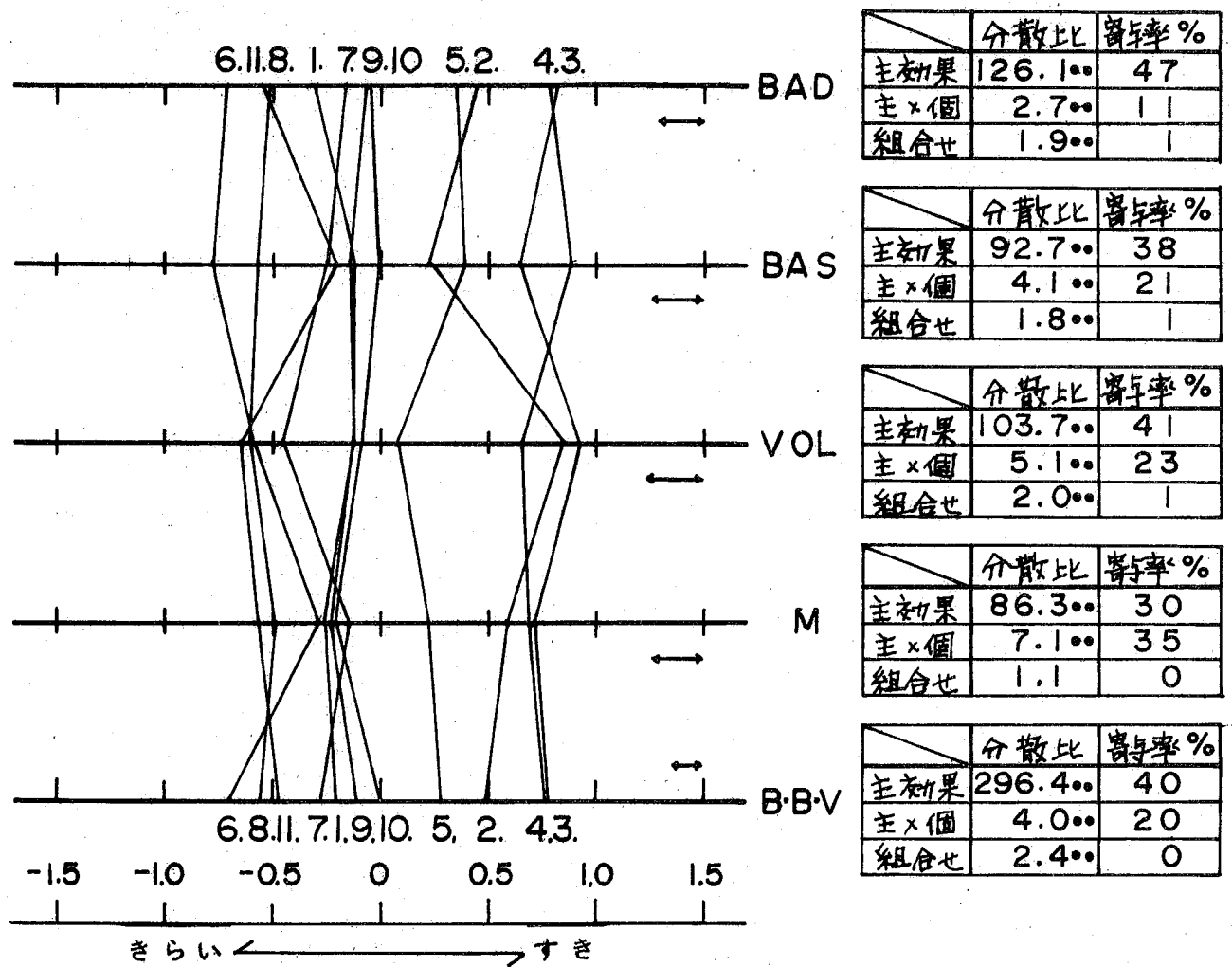
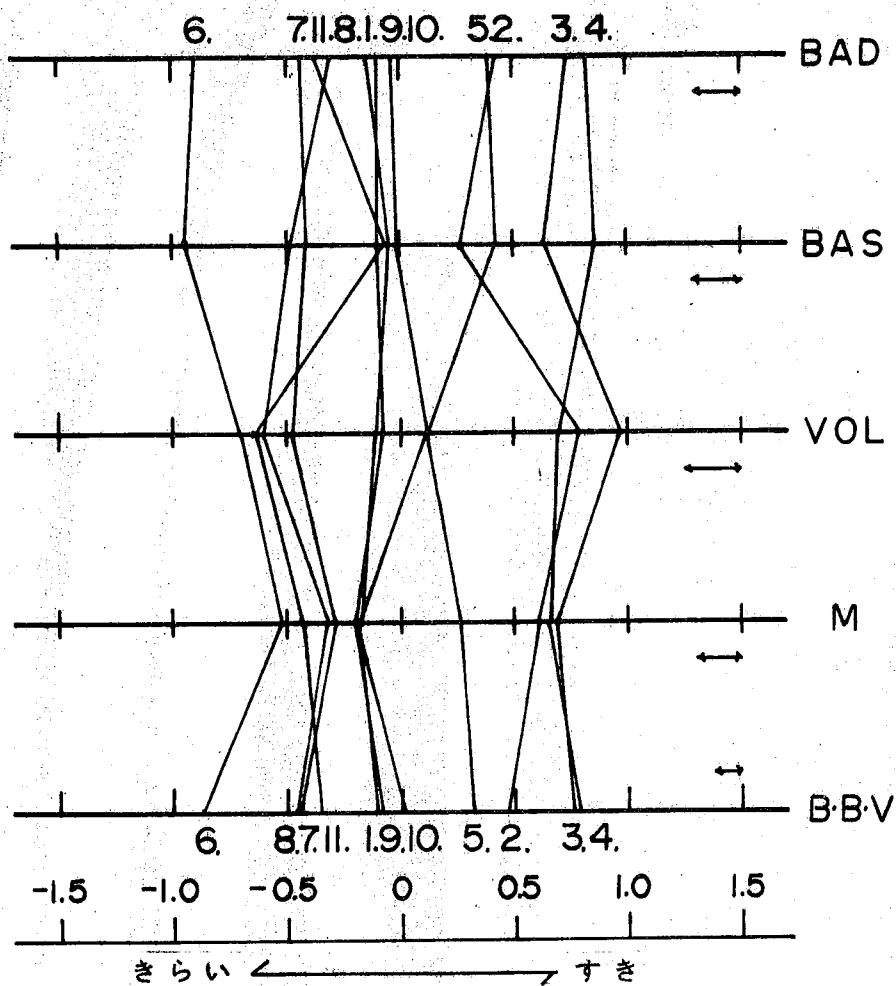


図-6・6 (口) はねかえり嗜好尺度

表-6・7 (口) はねかえり嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B · B · V	
0.9514	0.9339	0.9486	0.9913	B A D
	0.8602	0.8621	0.9639	B A S
		0.9339	0.9586	V O L
			0.9451	M

$r(0,0.01) = 0.7436$



	分散比	寄与率%
主効果	138.2..	49
主×個	2.7..	11
組合せ	1.9..	1

	分散比	寄与率%
主効果	114.9..	42
主×個	4.5..	21
組合せ	1.4..	0

	分散比	寄与率%
主効果	113.5..	43
主×個	5.5..	24
組合せ	1.4..	0

	分散比	寄与率%
主効果	103.2..	29
主×個	10.1..	42
組合せ	1.1	0

	分散比	寄与率%
主効果	342.0..	42
主×個	4.4..	21
組合せ	1.9..	0

図-6・6 (ハ) 振動の減衰嗜好尺度

表-6・7 (ハ) 振動の減衰嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B・B・V	
0.9696	0.9299	0.9531	0.9935	B A D
	0.8644	0.8819	0.9705	B A S
		0.9566	0.9562	V O L
			0.9563	M

$$r(9, 0.01) = 0.7436$$

表一六・八 要素嗜好尺度詳細

模 擬 床	かたさ嗜好尺度 — B・B・V — II	はねかえり嗜好尺度 — B・B・V — II	振動の減衰嗜好尺度 — B・B・V — II
1	- 0.2656	- 0.2085	- 0.1123
2	0.4706	0.4901	0.4742
3	0.7790	0.7932	0.7629
4	0.7879	0.7807	0.7932
5	0.2335	0.2780	0.3209
6	- 0.6774	- 0.7040	- 0.8734
7	- 0.3619	- 0.2798	- 0.4492
8	- 0.5740	- 0.5614	- 0.4635
9	- 0.0107	- 0.1158	- 0.1052
10	0.1070	0.0035	0.0107
11	- 0.4884	- 0.4759	- 0.3583
危険率 5% 有意差 範 囲	0.1362	0.1375	0.1312

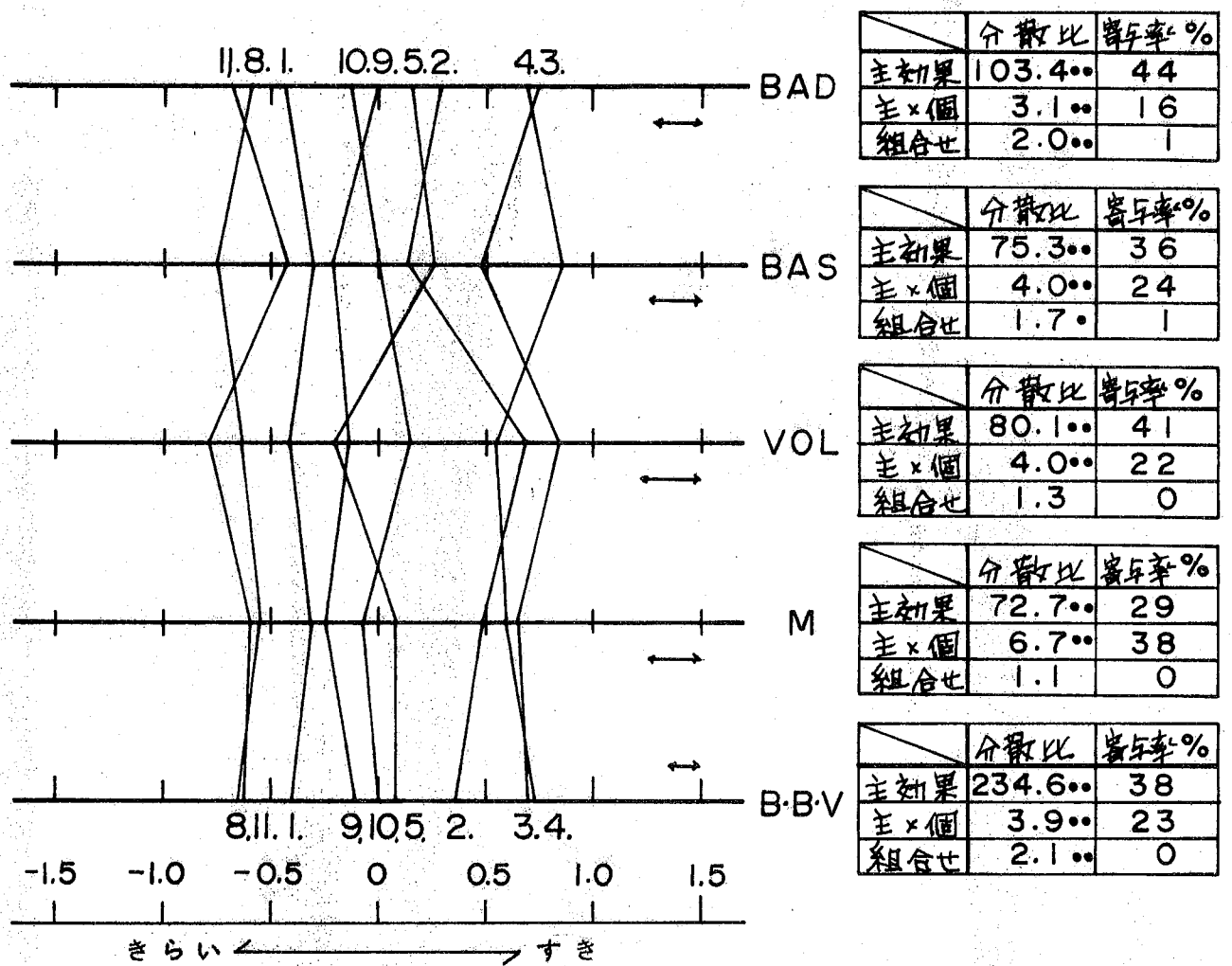


図 - 6・7 (イ) かたさ嗜好尺度

表 - 6・9 (イ) かたさ嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B・B・V	
0.9259	0.9173	0.9656	0.9871	B A D
	0.8628	0.9134	0.9482	B A S
		0.9614	0.9486	V O L
			0.9850	M

$r(7, 0.01) = 0.8146$

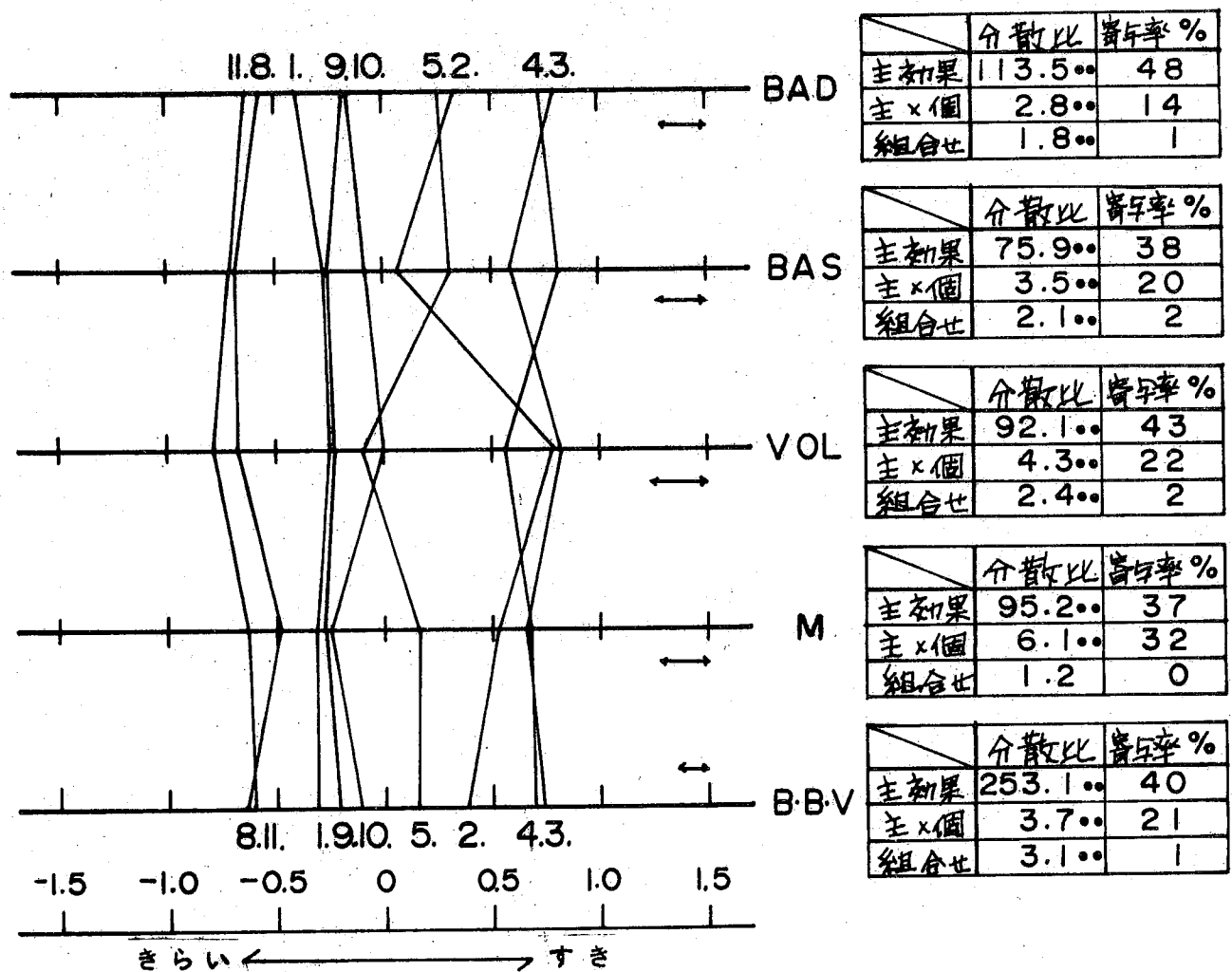


図-6・7 (口) はねかえり嗜好尺度

表-6・9 (口) はねかえり嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B・B・V	
0.8478	0.9115	0.9778	0.9352	B A D
	0.7182	0.8053	0.8493	B A S
		0.9487	0.9245	V O L
			0.9813	M

$r(7, 0.01) = 0.8146$
 $r(7, 0.05) = 0.6930$

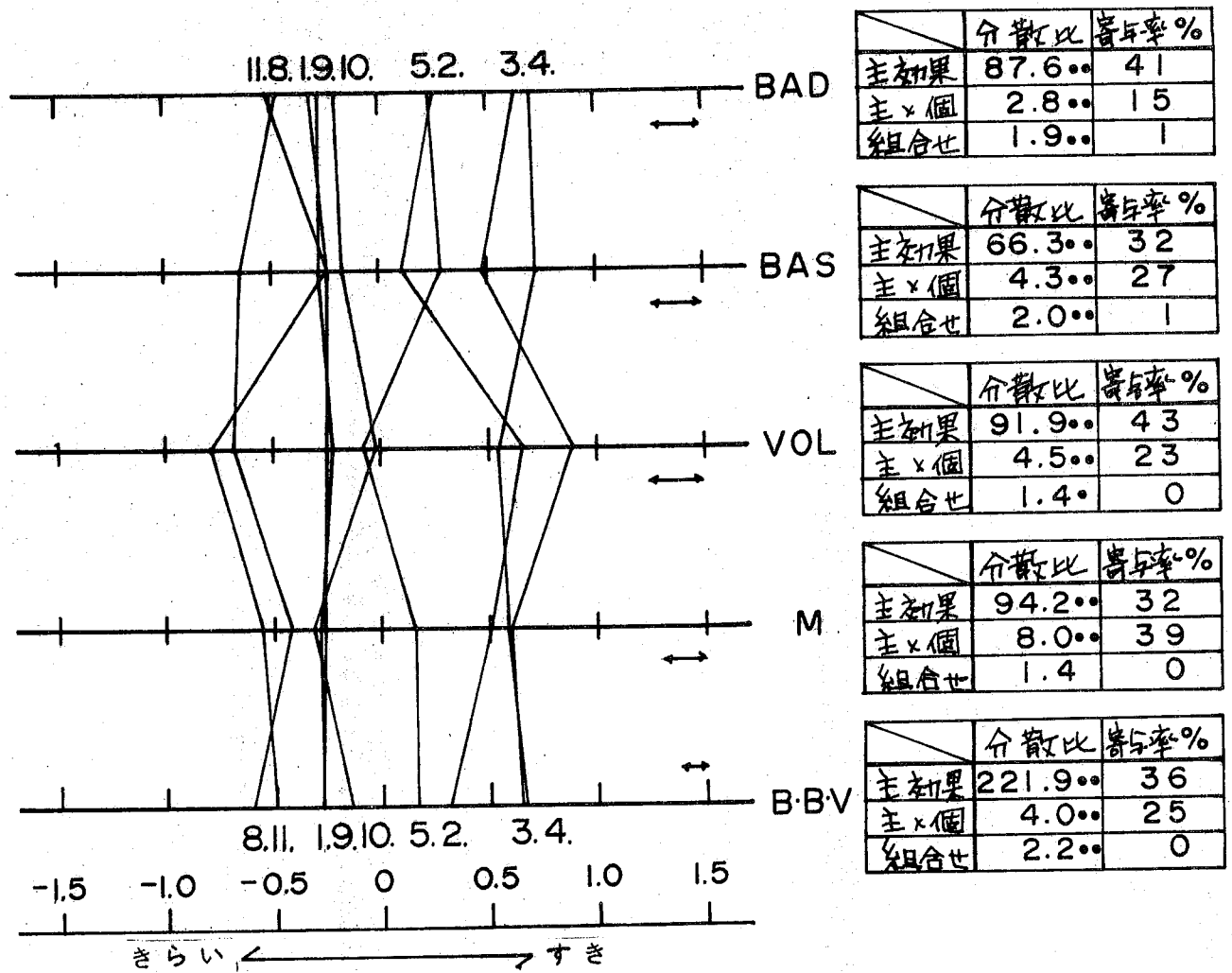


図-6・7 (ハ) 振動の減衰嗜好尺度

表-6・9 (ハ) 振動の減衰嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B · B · V	
0.9485	0.9092	0.9671	0.9903	B A D
	0.7838	0.8782	0.9513	B A S
		0.9456	0.9467	V O L
			0.9687	M

$r(7, 0.01) = 0.8146$
 $r(7, 0.05) = 0.6930$

表 - 6 ・ 1 0 要素嗜好尺度詳細

模 擬 床	かた さ 嗜 好 尺 度 — B・B・V — 9	は ね か え り 嗜 好 尺 度 — B・B・V — 9	振 動 の 減 衰 嗜 好 尺 度 — B・B・V — 9
1	- 0.4008	- 0.3289	- 0.2788
2	0.3551	0.3703	0.3246
3	0.6840	0.7254	0.6535
4	0.7015	0.6928	0.6688
5	0.0827	0.1590	0.1612
8	- 0.6666	- 0.6514	- 0.6013
9	- 0.1176	- 0.2396	- 0.2701
10	- 0.0065	- 0.1176	- 0.1481
11	- 0.6318	- 0.6100	- 0.5098
危険率5% 有意差 範 囲	0.1466	0.1426	0.1391

すなわち、模擬床6・7ははねかえりあるいは振動の減衰の影響が他の模擬床にくらべて卓越しているため、弾力性の重要な要素であることがこれまでの研究から明確になつていくたさだけの嗜好の判断が不可能であつたとみなすことができる。

つまり、要素嗜好尺度を得る試料としては、模擬床・6,7は異常な試料として取り扱わなければならないといえる。

このことから、各要素嗜好尺度と物理量との関係を考察する際に使用する尺度としては、模擬床・6,7を除いて構成した要素嗜好尺度を使用するのが妥当と考える。

図-6.7(イ)~(ハ)、表-6.9(イ)~(ハ)は模擬床・6,7を除いて要素嗜好尺度を構成した結果を示すものであり、表-6.10はその代表的尺度として、すべての運動競技選手の判断を基礎資料として構成したB・B・Vの要素嗜好尺度(以後、○○○嗜好尺度-B・B・V-9と呼ぶ)、および尺度間の有意差範囲の詳細な値を示したものである。

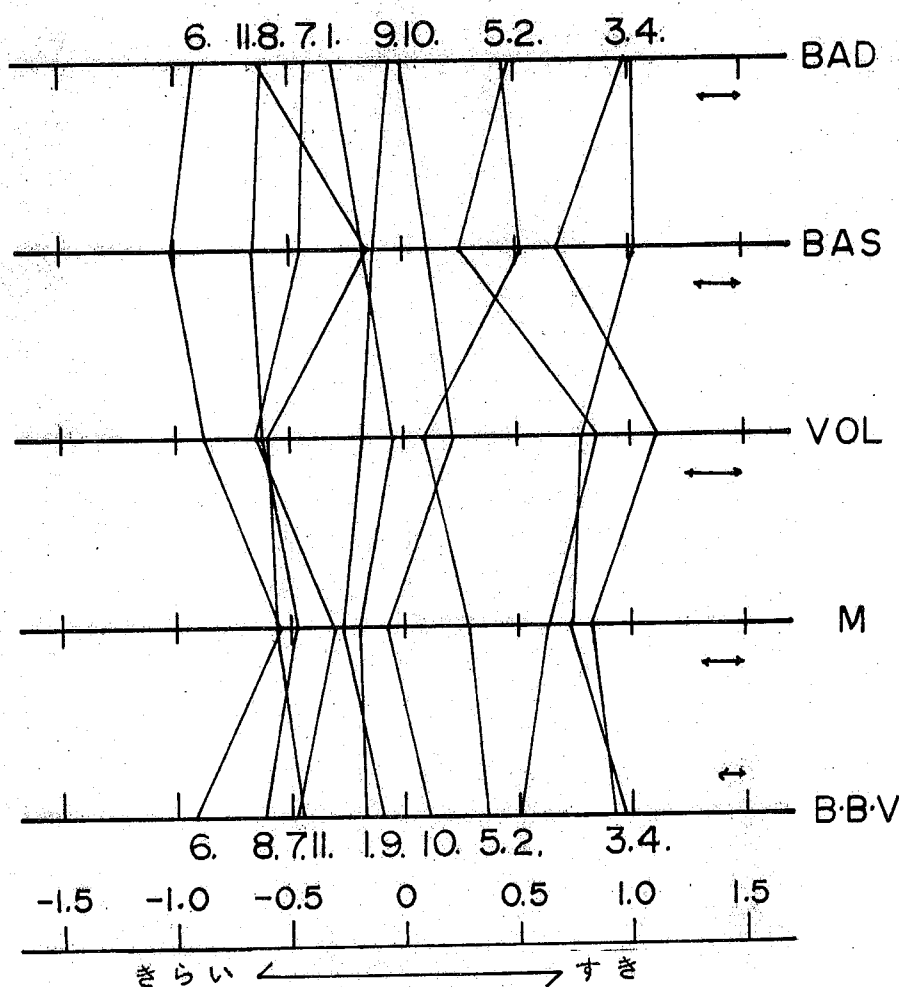
全体的な傾向は図-6.6、表-6.7とほとんど差異がなく特別な考察を追加する必要はないと考えられる。

6.8.3 弾力性に関する総合嗜好尺度

図-6.8に総合嗜好尺度の構成結果、表-6.11に求められた尺度の種目間の相関表を示した。

各種目とも主効果の分散比が他にくらべて大きく高度に有意であり、総合嗜好に関して模擬床間に有意な差があること、検査自体が有効であることがわかる。

個人差も有意であり、総合嗜好に関して個人差があるのがわかる。特に一般男子は他の種目にくらべ、尺度の上下端の幅がせまく、かつ、個人差の寄与率も高いことから、総合嗜好に大きなかたまりがあること、総合嗜好に対する判断の明確さが低いことがうかがわれ、日常本格的に運動競技を行つ



	分散比	寄与率%
主効果	241.2..	59
主×個	3.8..	12
組合せ	3.0..	2

	分散比	寄与率%
主効果	168.8..	48
主×個	6.0..	23
組合せ	2.1..	1

	分散比	寄与率%
主効果	150.5..	50
主×個	5.0..	19
組合せ	2.1..	1

	分散比	寄与率%
主効果	126.2..	33
主×個	10.6..	41
組合せ	1.4..	0

	分散比	寄与率%
主効果	509.4..	50
主×個	5.1..	20
組合せ	3.4..	1

図-6・8 総合嗜好尺度

表-6・11 総合嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B・B・V	
0.9526	0.9404	0.9630	0.9921	B A D
	0.8777	0.8834	0.9685	B A S
		0.9566	0.9643	V O L
			0.9603	M

$$r(9, 0.01) = 0.7436$$

表 - 6 · 1 2 總合嗜好尺度詳細

模 擬 床	B A D	B A S	V O L	M	B · B · V
1	- 0.3110	- 0.1764	- 0.0545	- 0.2192	- 0.1907
2	0.4641	0.2620	0.8424	0.6310	0.5080
3	0.9808	0.6738	1.1151	0.8181	0.9180
4	1.0334	1.0213	0.7939	0.7272	0.9590
5	0.4497	0.5133	0.0909	0.2887	0.3654
6	- 0.9138	- 0.0107	- 0.8787	- 0.5401	- 0.9358
7	- 0.4210	- 0.4438	- 0.6606	- 0.3048	- 0.4991
8	- 0.6124	- 0.6631	- 0.6484	- 0.4866	- 0.6399
9	- 0.0430	- 0.1337	- 0.1818	- 0.2780	- 0.1141
10	- 0.0047	0.1176	0.2181	- 0.0802	0.1016
11	- 0.6220	- 0.1604	- 0.6363	- 0.5561	- 0.4723
危險率5% 有意差 範圍	0.1870	0.2079	0.2524	0.2709	0.1266

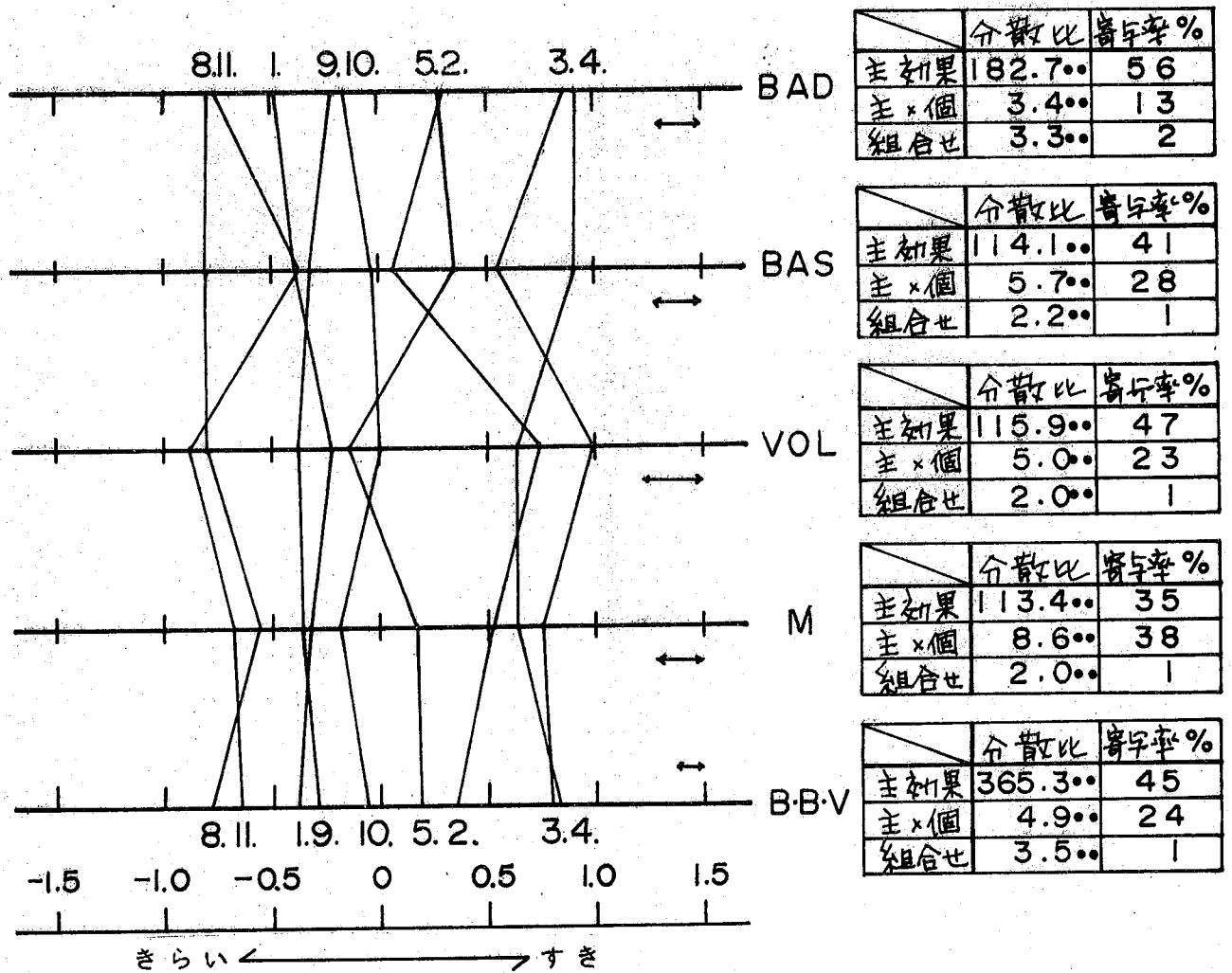


図-6・9 総合嗜好尺度

表-6・13 総合嗜好尺度種目間相関表

B A S	V O L	M	B · B · V	
0.9538	0.9368	0.9678	0.9932	B A D
	0.8395	0.8859	0.9528	B A S
		0.9599	0.9405	V O L
			0.9758	M

$r(7, 0.01) = 0.8146$

表一六・一四 総合嗜好尺度詳細

模 擬 床	B A D	B A S	V O L	M	B・B・V
1	-0.4736	-0.3986	-0.2296	-0.3202	-0.3769
2	0.3099	0.0784	0.7555	0.5359	0.3638
3	0.8713	0.5620	1.0000	0.7450	0.8061
4	0.9239	0.9150	0.6444	0.6405	0.8387
5	0.2982	0.3660	0.1481	0.1764	0.1895
8	-0.7894	-0.8039	-0.7925	-0.5620	-0.7952
9	-0.2163	-0.3137	-0.3703	-0.3529	-0.2941
10	-0.1578	-0.0326	0.0148	-0.1895	-0.0653
11	-0.7660	-0.3725	-0.8740	-0.6732	-0.6666
危険率5% 有 意 差 別	0.2085	0.2221	0.2730	0.2216	0.1365

ていない検査員の特性がよく表われているといえる。

試料の組合せ効果も有意であるが、寄与率の値が主効果にくらべて極端に小さく大きな問題とはならない。

試料となつた模擬床の弾力性に関する好まれ方を考察してみると、木造床(1~5)は全般的に好まれ、はねかえりがよわくかつやわらかいと判断されている塗床(8)およびかたいと判断されている塗床(11)はきらわれているのがわかる。

この結果は第2章における使用感調査結果と一致しており、体育館の床には適度なやわらかさとはねかえりが必要であることが推察できる。

また、模擬床・6,7は極端にきらわれており、はねかえりが極端につよすぎたり、振動の減衰時間が極端にながすぎる床は他の要素が適切でもきらわれることが推察できる。

種目間の差に関しては、図-6・8、表-6・11から、全体的には大きな差はないことになるが、詳細にみると、BASでは模擬床・4、VOLでは模擬床・4よりやややわらかいとみなされる模擬床・3がもっとも好まれており、BADでは両者が同じ程度に好まれているなどの例からも明らかのように、多少の差異がある。

以後の考察においては、総合嗜好尺度は要素感覚尺度および要素嗜好尺度とは異なり、絶対的な値として使用するのてわずかな差でも問題にする必要があることから、以後使用する総合嗜好尺度としては、5種目すべての尺度を用いる必要がある。

表-6・12はこのような観点から5種目すべての総合嗜好尺度と尺度間の有意差範囲の詳細な値を示したものである。(以後、総合嗜好尺度-〇〇〇-11と呼ぶ)

なお、6.8.2において模擬床・6,7に関して述べたと同じ理由から、床の物理量との対応に関する考察を行なう際の総合

嗜好尺度としては、模擬床・6,7を除いて構成した尺度を用いるのが妥当と考える。

つまり、模擬床・6,7を含めると総合嗜好を左右する物理量としては、振動の減衰時間あるいははねかえりが卓越するのが本章の段階で明確であり、第2章、第5章で明らかにしたように、弾力性の重要な要素であるかたさの影響が打ち消されることになるのが明らかだからである。

図-6・9, 表-6・13に模擬床・6,7を除いて尺度を構成した結果、表-6・14にその詳細な値を示した。(以後、総合嗜好尺度-〇〇〇-9と呼ぶ) 全体的な傾向は、図-6・8, 表-6・11とほとんど差異がなく、特別な考察を追加する必要はないと考えられる。

第9節 結論

官能検査手法を用いて、体育館の床の弾力性の使用感に関する心理学的尺度を構成した結果を述べた。

この尺度は、弾力性に関係する模擬床の物理量と対応づけられてはじめて尺度としての機能を持つものであるが、物理量との対応は次章で詳細に論ずる。

考察した結果を総括するとつぎのようである。

1. すべての尺度において主効果は高度に有意であることから、構成された尺度に意味があり、官能検査における試料の設定なども妥当だったといえる。

2. 主効果にくらべてその程度はかなり低いが、個人差が見受けられた。人間の感覚や嗜好が元来個人に属するものであること、既往の数々の検査例^{19), 20), 21)}と比較し刺激の複雑さからみて当然あり得る程度のものであること、から、検査方法、試料の設定などがその原因でないことは明らかであるが、尺度の適用に際しては個人差が存在することを充分留意すべきである。

3. 検査員の判断の一致の度合は嗜好よりも感覚の方が高い。
4. 日常本格的に運動競技を行っていない一般男子は、感覚の判断においては運動競技選手とくらべて差異はないが、嗜好の判断においては大きな差異がある。
5. 種目間の感覚の判断には大きな差異はないが、嗜好の判断においては多少の差異が認められる。
6. 振動の減衰時間が長すぎたりあるいははねかえりが強すぎる床は他の要素が適切でも極端にきらわれる。
7. 今後の考察において用いる尺度として、要素感覚尺度としては11個の模擬床より構成された尺度でよいが、嗜好に関しては模擬床6,7は異常試料とみなされるため、要素嗜好尺度および総合嗜好尺度としては模擬床6,7を除いた9個の模擬床より構成された尺度を用いるのが妥当である。

第7章 体育館の床の弾力性の使用感に関する心理学的尺度 と床の物理量との対応，および，弾力性の評価式・ 定義・最適値

概 要

弾力性の使用感に関する心理学的尺度と体育館の床の弾力性測定装置から得られる床の物理量とを数量的に対応させることを目的として種々の考察を行ない最終的には弾力性に関する総合嗜好尺度と床の物理量を用いて充分高い精度で表示できることを究明し，両者の関係式を提示した。

また，関係式が体育館の床の弾力性の評価式として使用できることを述べ，弾力性を定義するとともに，最適弾力性と床の物理量とともに提示した。

つぎに，評価式を用いて実存する体育館の床の弾力性の評価値を求めて検討し，評価式のより一層の妥当性を証明するとともに，実存する体育館の床のなかには改善すべき点が数多くあることを示唆し，最適な弾力性を有する床を設計・開発するための指針を示した。

第1節 目的

体育館の床の弾力性の使用感に関する心理学的尺度と、体育館の床の弾力性測定装置で測定される模擬床の動的変形挙動から誘導される種々の物理量との対応を検討し、弾力性に関する総合嗜好尺度と床の物理量との関係式つまり弾力性の評価式を求めて弾力性をあらためて定義するとともに、最適弾力性を床の物理量とともに提示することを目的とする。

第2節 既往の研究

人間の感覚や嗜好に関する心理学的尺度と物理量との対応に関する研究結果は多分野で数多く発表されている。

本研究に関連が深いとみなされる研究、すなわち、力学的特性が刺激の大半でかつ嗜好を問題にしている研究、でかつ物理量による説明能力が数量的に明示されているものには文献8)のほかにつぎのような研究がある。

1. 「毛布の柔らかさと回復性」²²⁾

毛布の風合に関する心理学的尺度を、圧縮係数、圧縮弾性率、見掛比重を用いた直交多項式で表わし、説明能力が57%と結論づけている。

2. 「綿ブロードの半ざわりの定量化」²³⁾

綿ブロードの半ざわりに関する心理学的尺度を、半ざわり測定器による測定値の1次関数で表わし、両者の相関係数が0.958と結論づけている。

3. 「刃物の切味特性と定量化」²⁴⁾

刃物の切味に関する心理学的尺度を切味試験器による測定値の1次関数で表わし、相関係数が0.82と結論づけている。

物理量で嗜好尺度を厳密に表示するという観点からすれば、これらの研究における説明能力は高いとはいえない。

原因としては、実状にそつた物理量を設定していないこと

にあると考えられるが、おもに客観的判断から構成される感覚尺度と物理量との対応のように、すくない要素で解決できる問題とはことなり、おもに主観的判断から構成される嗜好尺度には多くの要素が複雑に絡み合うため、説明能力が60%程度でも満足すべきであるとされているのが実状である。

第3節 弾力性に関する総合嗜好尺度と床の物理量との対応に関する半続きの基本方針

総合嗜好尺度と床のさまざまな物理量との対応はいわゆる外変量解析の半続きによつて達成される。

人間の心理学的尺度を主題とする課題においては、検査あるいは調査における試料（刺激）の数に制限があるので、得られる尺度の組合せの数がすくないのが一般的であるが、本研究の外変量解析においてもデータの組合せの数がすくないので（模擬床の数だけ）、あらかじめ総合嗜好尺度にいかなる物理量がいかなる形（1次か2次か、など）で関与しているかを推定し、両者の対応モデルを効率よく設定するのが有効である。

また、人間の心理量と物理量との対応においては、物理量および関与する形などの推定は、既往の感性経験および研究結果をもとに、常識的に納得できる範囲内での直観的な判断を出発点として推定される物理量と人間の心理量との対応を模索し、その妥当性を逐次究明することによつて行われるのが一般的と考える。

以上の観点から本研究における基本方針をつぎのように設定した。

1. 要素感覚尺度と対応する物理量の推定

弾力性に関する要素感覚尺度と対応する物理量を既往の感性経験および研究結果をもとに推定する。

2. 総合嗜好尺度と要素嗜好尺度との関係の把握

弾力性の仮定義にもとづいて求められた各々の要素の嗜好がいかなる形で総合嗜好に結びつくかをおおまかに推定する。

→〔総合嗜好 = f_1 (要素嗜好)〕の設定

3. 要素嗜好尺度と物理量との関係の把握

弾力性に関する要素嗜好尺度と2.で推定された物理量がいかなる関係にあるか(1次の関係か, 2次の関係か, -----)をおおまかに推定する。〔要素嗜好尺度 = f_2 (物理量)

〕の設定

4. 総合嗜好尺度と物理量との関係の設定および妥当性の検討

1. ~ 3.の結果から, 総合嗜好尺度 = f_1 (要素嗜好尺度) = f_1 [f_2 (物理量)]なる対応モデルを設定し, そのモデルが妥当かどうかを検討する。

満足できる結果が得られない場合は, 弾力性の仮定義, 推定した物理量およびモデルに不足があるので欠点を捜しながら1. ~ 4.の考察を繰り返す。

第4節 弾力性に関する要素感覚尺度と対応する床の物理量の推定

弾力性の仮定義にもとづいて構成された弾力性の3要素(かたさ, はねかえり, 振動の減衰)に関する感覚尺度と対応する床の物理量を推定する。

なお, ここで行われる物理量の推定では, 精神物理学の分野においてひとつの心理学的感覚尺度とひとつの物理量との対応を主題として実験をつみ重ねて妥当性を検討する, というような厳密性をもたせてなく, かつ, 生理学の分野で行われるような厳密な生理学的裏付けもしていないので, 推定されるひとつひとつの物理量はあくまでも推定の域を出ない。

しかし、本章における物理量の推定は総合嗜好尺度と対応できる物理量を段階的に究明しようとする過程でのものであり本研究の目的の範囲内での妥当性があればよいと考える。

7.4.1 床の基本物理量および床の物理量の定義

図-7-1 (イ) は体育館の床の弾力性測定装置で測定した、模擬床の変形—時間曲線(実線)および荷重—時間曲線(点線)の代表例(模擬床・4, 荷重板径: 50^{mm})である。

図-7-1 (ロ) は図-7-1 (イ) から求められた床の荷重—変形曲線である。

図中の記号はつぎのようである。

D_R : 床の振動の最大振幅

T_R : 床の振動の最大振幅時のみかけの半周期

T_{vD} : 床の振動の複振幅が 0.2^{mm} まで減衰するのに要する時間

U_F : 床の変形が最大に達するまでの床の変形エネルギー以後、あらためて、 D_R , T_R , T_{vD} , U_F を床の基本物理量、これらの基本物理量を組み合わせて、使用感に関する心理学的尺度に対応づけられたものを単に床の物理量と定義する。

表-7-1 は官能検査に用いた11個の模擬床および参考として第5章で測定した実存体育館床の基本物理量の値を示したものである。(なお、弾力性測定装置の荷重板の直径が 50^{mm} の場合の値である)

7.4.2 かたさ感覚尺度と対応する物理量の推定

これまでの研究結果から、かたさ感覚尺度と対応する物理量として第1に床の変形エネルギー U_F が想定される。

図-7-2 (イ) は、かたさ感覚尺度—B・B・V—II と U_F の関係を示したものである。図中の数値は模擬床の番号を示し(以後の図においても同じである)、R は弾力性測定装置の荷重板の直径である。

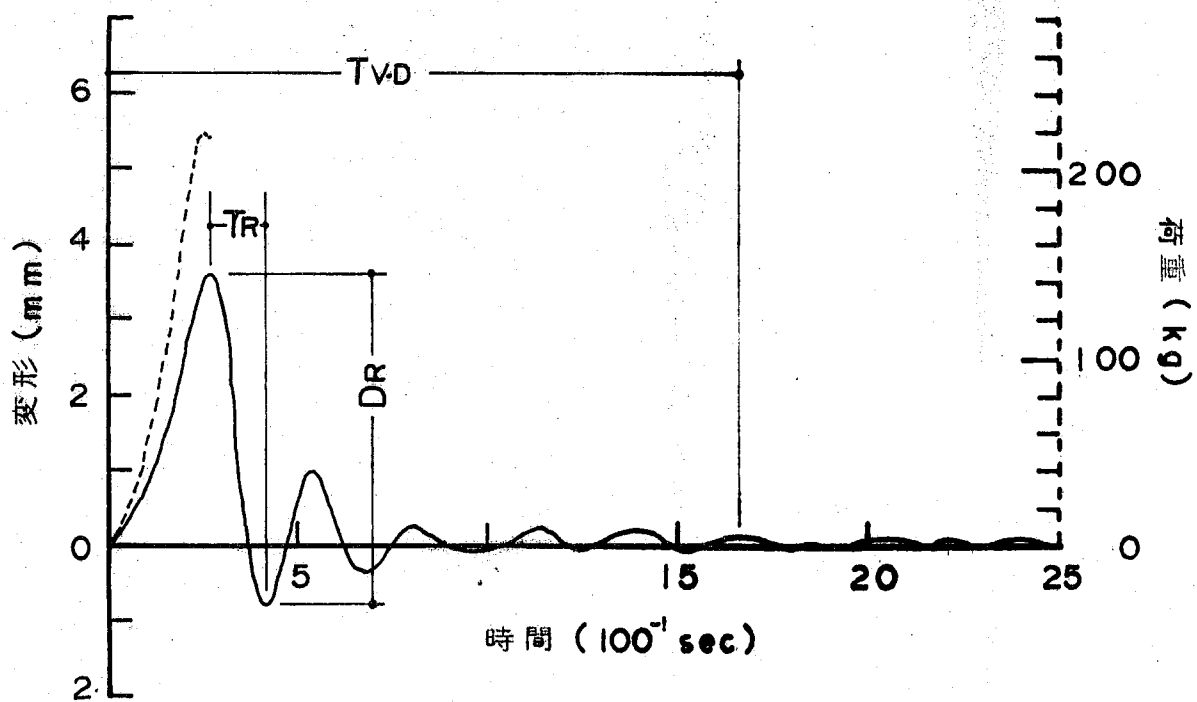


図 - 7・1 (イ) 荷重、変形—時間曲線の例

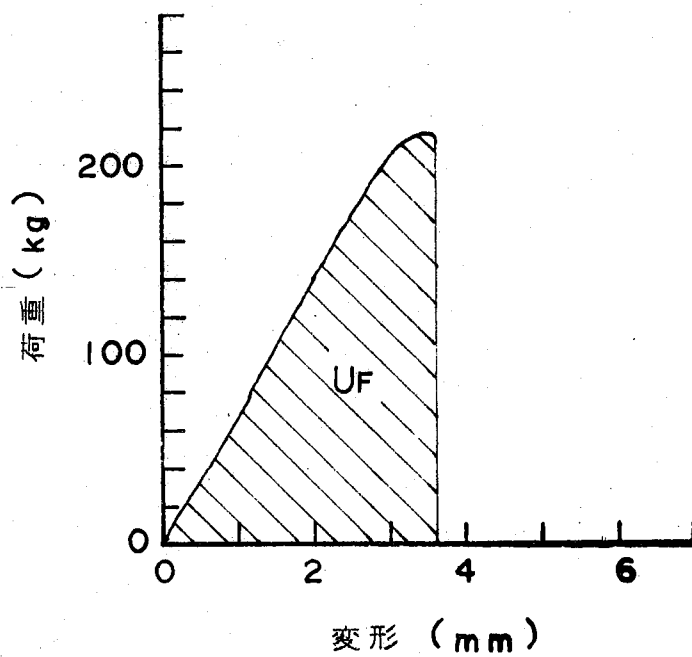


図 - 7・1 (ロ) 荷重—変形曲線の例

表一 7 · 1 基本物理量一覽

模 擬 床	UF kg-cm	DR 100 ⁻¹ mm	TR 100 ⁻¹ sec	TV·D 100 ⁻¹ sec	實 存 體育館床	UF kg-cm	DR 100 ⁻¹ mm	TR 100 ⁻¹ sec	TV·D 100 ⁻¹ sec
1	9.3	85	2.6	4.9	千代田 A	32.2	323	2.5	14.2
2	76.7	937	2.3	36.4	千代田 B	78.5	957	4.1	1.9
3	67.1	807	2.1	17.2	目 黒 A	9.0	66	3.1	5.3
4	43.4	440	1.5	16.6	目 黒 B	13.8	108	1.4	5.8
5	28.4	235	1.2	12.7	目 黒 C	30.2	302	1.6	11.5
6	80.0	1230	3.4	117.6	青 山 A	12.9	100	1.2	5.4
7	56.6	689	1.9	65.0	青 山 B	27.3	224	1.4	9.2
8	43.9	418	6.3	9.0	青 山 C	31.8	271	1.7	9.3
9	23.9	188	3.5	6.0	世田谷 A	1.5	15	2.6	0.0
10	15.0	117	2.9	5.2	世田谷 B	3.2	29	2.8	2.2
11	2.1	20	1.8	4.0	東 京 A	1.9	16	4.7	0.0
					東 京 B	1.4	14	2.9	0.0

全体的にみると U_F が同じ値でもかたさ感覚尺度は大きく異なるが、床の材料・構造の種類別にみれば、かたさ感覚尺度と U_F はほぼ直線的比例関係にあることがわかる。(1~5:木造床, 6~7:単純支持梁床, 8~11:塗床)

また、当然のことではあるが弾力性測定装置の荷重板の大きさによつて U_F の値が異なり、特に模擬床・8, 9, 10の場合にその差が著しい。

第5章で実地測定した体育館の床は模擬床・1~5と同種の木造組床と、模擬床・11と同種のかたい塗床に含まれるので、この範囲では U_F がかたさ感覚と対応する有力な物理量であると述べたことが実証されているといえる。

しかし、最近開発されているやわらかい塗床など、すべての床のかたさ感覚と一元的に対応できる物理量としては U_F だけでは不十分であり、他に何らかの物理量が関与しているのが推察される。

図-7.2(1)から木造床にくらべ塗床は U_F が同じ値でもよりやわらかく感じられていること、逆に単純支持梁床はかたく感じられていることから、床の変形が最大に達した後の逆向きの床の変形、つまりはねかえりが大きく影響し、 U_F が同じ値でも、はねかえりの弱い床はよりやわらかく感じられ、逆に、はねかえりの強い床はよりかたく感じられているのが推察できる。

これらのことから、かたさ感覚尺度と対応する物理量として、 $[U_F - (\text{はねかえり感覚尺度と対応する物理量}) \times (\text{定数})]$ が推定できる。

後述するように、はねかえり感覚尺度と対応する物理量として $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ が推定されていることから、かたさ感覚尺度と対応する物理量として、 $[U_F - a \times D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}]$ を設定し(a :定数)、弾力性測定装置の荷重板直径が各々90mm, 70

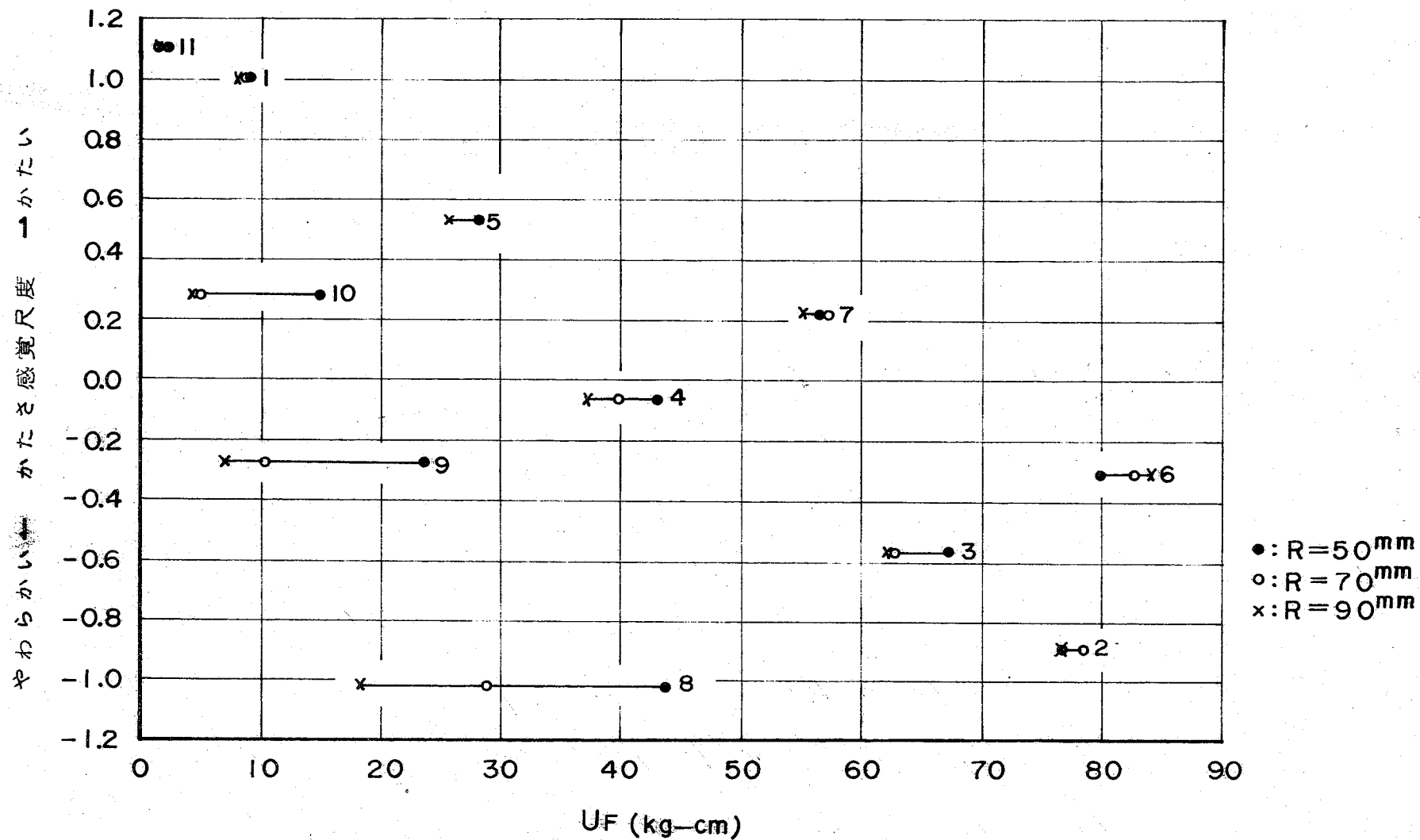
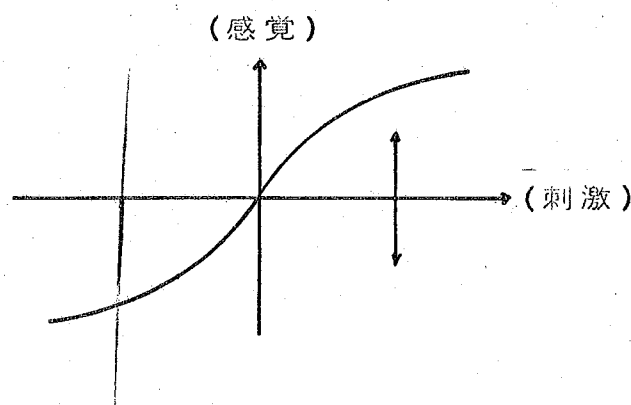


図-7・2 (イ) かたさ感覚尺度と U_F の関係

mm, 50mm の場合の11個の模擬床の $[U_F - a \times D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}]$ を算出し, かたさ感覚尺度との単相関係数 (r) が最大になる荷重板径および定数 a の値を求めた結果, 荷重板直径が 50mm, $a = 1.1$ の場合に r が最大で 0.89 ($r(9, 0.01) = 0.74$) となり, 両者の間に高度に有意な相関関係が得られた。

図-7.2(ロ)はこの結果を示したもので, かたさ感覚尺度と $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ はほぼ直線的比例関係にあるとみることができ。

一般に, 感覚と刺激との関係は下図のように表わされると



されている。

かたさ感覚尺度と $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の関係は直線的比例関係であるが, 日常経験するかたさのなかで, 体育館の床のかたさは刺激として中庸と考えられることから, 刺激としては図の $\downarrow$ 印の範囲に入るとみなしてよく, この範囲では刺激と感覚はほぼ直線的比例関係となることから, 求められた関係が刺激と感覚の関係の一般的な法則に矛盾するものでないことが説明できる。

この結果から, 体育館の床のかたさ感覚尺度と直線的比例関係で対応する物理量として, 弾力性測定装置の荷重板直径が 50mm の場合の $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を推定でき, かつ, 弾力性測定装置でこれまでただひとつ未解決であつた荷重板直径は 50mm が妥当であることが判明した。

なお, この結果から, 以後使用する基本物理量はすべて荷重板直径が 50mm の場合の値とする。(図-6.2~図-6.4, 表-

7.1にもこの意味で荷重板直径が50mmの場合だけの値を示した)

7.4.3 はねかえり感覚尺度と対応する物理量の推定

床のはねかえりの強弱の感覚は、人間が着地して床が変形した後逆方向に床が変形することによつて誘起され、その度合がはねかえりの強弱の判断に影響をおよぼすと考えられる。

このことに関して研究された例がみあたらないが、既往の感性経験、第5章の実地測定結果から、はねかえりの強弱に関係する物理量として、図一7.1(イ)における D_R 、 $D_R \cdot T_R^{-1}$ 、およびこれらの相乗効果が想定される。

図一7.1(イ)において、 D_R は最大複振幅を意味するが、 D_R が大きくても、 $D_R \cdot T_R^{-1}$ が小さければ、はねかえりが強く感じられないのは明確であることから、 D_R だけでははねかえり感覚尺度によりよく対応させることができないことが容易に推察できる。

また、 $D_R \cdot T_R^{-1}$ は逆方向に床が変形する時の変形速度を意味するが、 $D_R \cdot T_R^{-1}$ が大きくても D_R が小さければはねかえりが強く感じられないことは明確であり、 $D_R \cdot T_R^{-1}$ だけでははねかえり感覚尺度によりよく対応させることができないことも容易に推察できる。

これらの考察から、 D_R と $D_R \cdot T_R^{-1}$ の相乗効果、つまり $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ なる物理量がはねかえり感覚尺度と対応できる物理量として想定できる。

ちなみに、はねかえり感覚尺度—B·B·V—IIと D_R 、 $D_R \cdot T_R^{-1}$ 、および $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ との単相関係数(r)を算出してみると、各々0.90、0.90、0.92($r(9, 0.01) = 0.74$)となり三者とも有意な相関があることになるが、上述した理由を加味して、特に相関の高い $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を対応物理量として採用するのが妥当と考える。

図一7.3はこの結果を示したものであり、はねかえり感覚尺

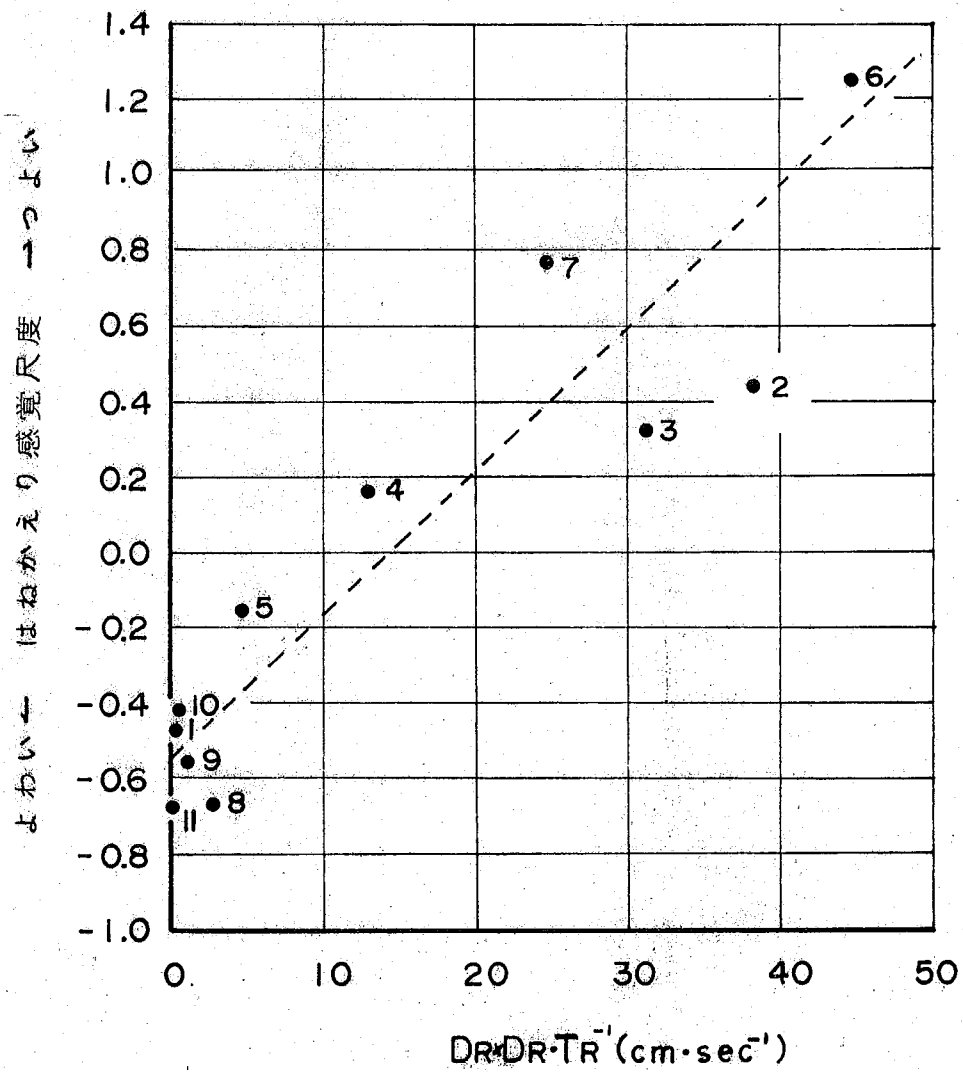


図-7・3 はねかえり感覚尺度と

DR*DR*TR¹ の関係

度—B·B·V—IIと $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ は直線的比例関係にあるとみなすことができる。

このことから体育館の床のはねかえり感覚尺度と直線的比例関係で対応する物理量として $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を推定できたと考える。

なお、直線的比例関係になるという説明は7.4.2の場合と同様である。

7.4.4 振動の減衰感覚尺度と対応する物理量の推定

振動の減衰感覚尺度と対応する物理量としては、第5章、5.4.4でも述べたように、床の振動が減衰するのに要する時間が容易に推定できる。

振動の減衰時間を設定するには振動感覚の閾値を考慮に入れる必要がある。

振動感覚の閾値に関してはMeisterの研究をはじめとして、数多くの研究がなされているが、身体部位、姿勢、接触圧などの要因により異なり、かつ、研究者によっても異なっていて定説がないのが実状のようであるが、振幅を例にとっても本研究で測定する精度（安全をみて 10^{-1} mm ）よりもかなり小さな値なのが確かなようである。^{25), 26)}

本来、振動の減衰時間としては振動感覚の閾値まで減衰するのに要する時間を採用するのが妥当である。

第5章、5.4.4では床の振動がなくなるまでの時間を減衰時間としたが、体育館の床の弾力性測定装置で測定できる床の振動の振幅の大きさは、装置の不動体の性能および電磁オシログラムの読み取り能力などの条件によつて制限される。

これらの条件に関して検討した結果、安全をみて振幅が $2 \times 10^{-1} \text{ mm}$ までは正確に求められるとみなされるので、本研究における振動の減衰時間を床の変形が生じた時点から振幅が $2 \times 10^{-1} \text{ mm}$ まで減衰するのに要する時間とあらためて定義し

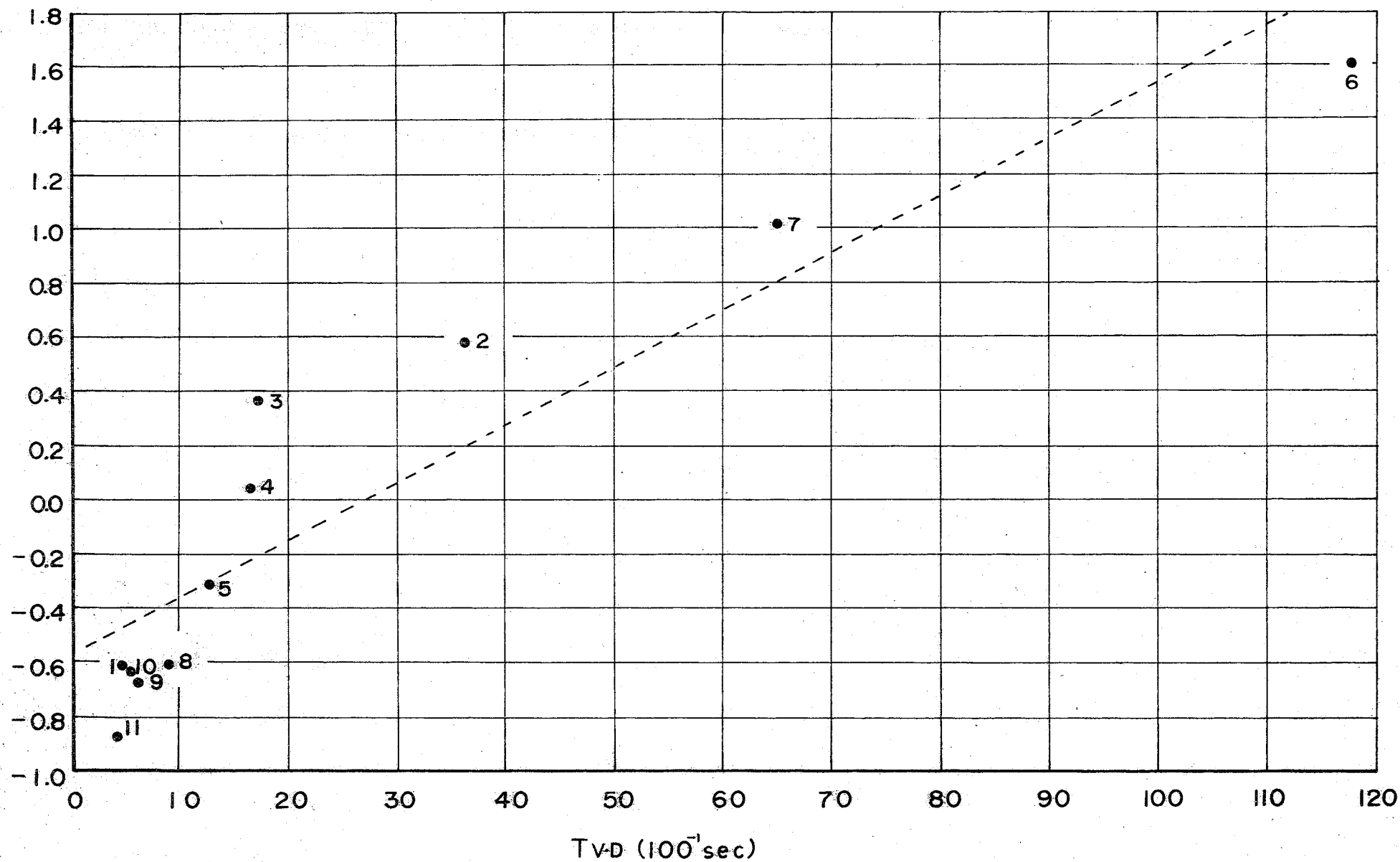


図-7・4 (イ) 振動の減衰感覚尺度と Tv-D の関係

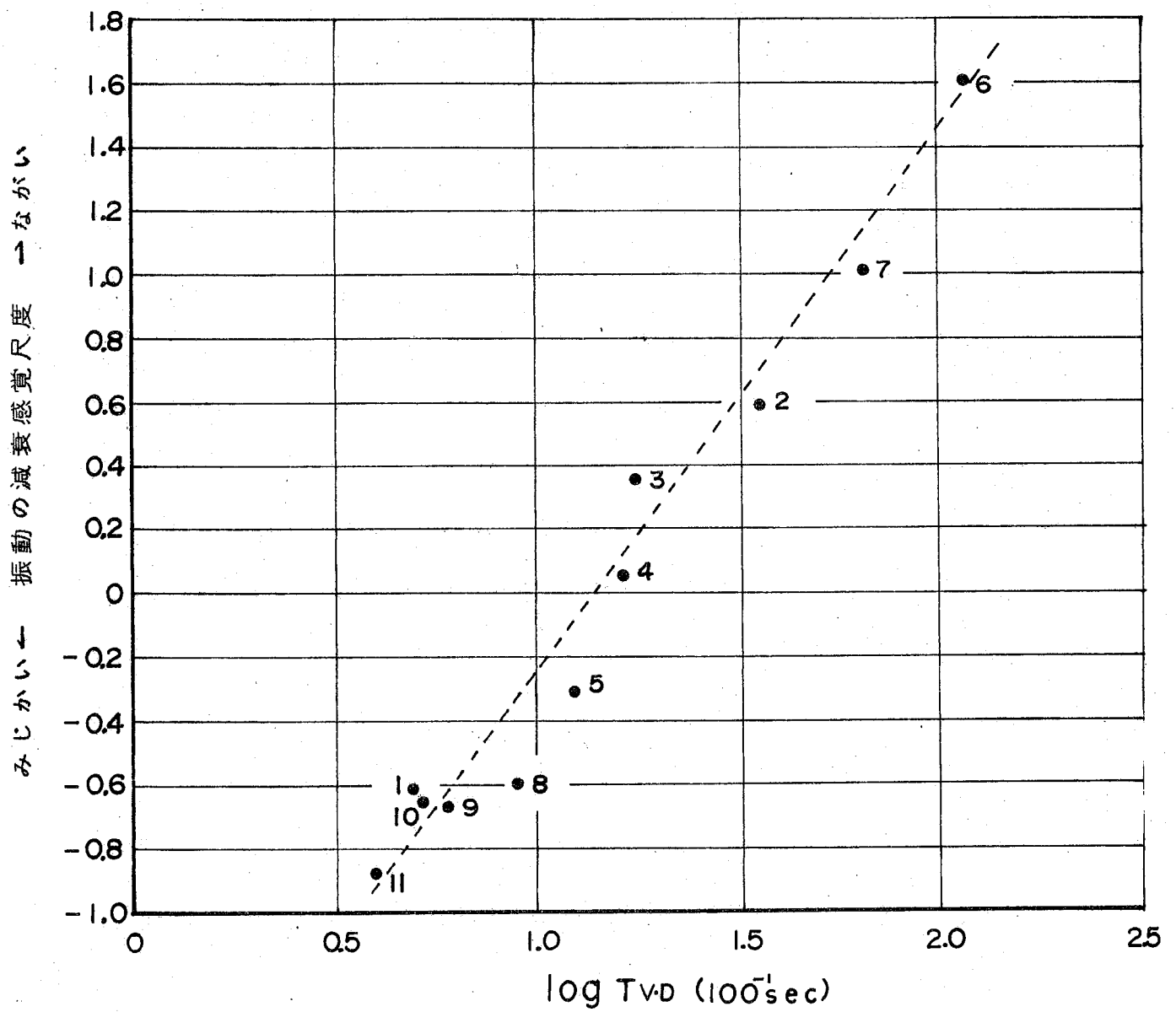


図-7・4 (□) 振動の減衰感覚尺度と $\log Tv \cdot D$ の関係

た。

図-7.1(1)の T_{vD} はこのことを示すものである。

図-7.4(1)に、振動の減衰感覚尺度—B·B·V—IIと T_{vD} との関係を示した。

両者の単相関係数(r)は 0.91 ($r(9, 0.01) = 0.74$) で高度に有意な相関関係にあるとみなせる。

図-7.4(2)に同じく $\log T_{vD}$ との関係を示した。

両者の単相関係数は 0.98 で高度に有意な直線的比例関係にあるとみなすことができる。

これらの結果から、振動の減衰感覚尺度に直線的比例関係で対応する物理量として、 T_{vD} または $\log T_{vD}$ を推定できたと考える。

7.4.5 物理量一覧

7.4.2, 7.4.3, 7.4.4 で弾力性に関する3つの要素感覚尺度と、 $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$, $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$, T_{vD} あるいは $\log T_{vD}$ なる物理量がほぼ直線的比例関係にあると推定したが、この関係は官能検査で使用した模擬床の物理量の値の範囲内でいえることであり、この範囲を越えてまで論ずることはできない。

表-7.2(1)は11個の模擬床および参考として、第5章で測定した実存体育館床の物理量を一覧にしたものである。

仮定義にもとずいた要素感覚尺度と対応する物理量ではあるが、各々の物理量に関して、模擬床の物理量の値の範囲が実存体育館床の値の範囲をほぼ包含していることが物理量の範囲を示した表-7.2(2)から明らかであり、官能検査に用いた模擬床が試料として妥当であつたといえる。

第5節 弾力性に関する総合嗜好尺度と要素嗜好尺度の関係

図-7.5(1)~(4)は総合嗜好尺度—B·B·V—9と各要素嗜好尺

表 7・2 (イ) 物理量一覧

模擬床および 実存体育館床	UF-II $DR \cdot DR \cdot TR^{-1}$ kg-cm, cm ² sec ⁻¹	$DR \cdot DR \cdot TR^{-1}$ cm ² sec ⁻¹	TvD 100sec	log TvD 100sec
1	8.99	0.27	4.9	0.69
2	34.71	38.17	36.4	1.56
3	32.98	31.01	17.2	1.23
4	29.20	12.90	16.6	1.22
5	23.33	4.60	12.7	1.10
6	31.05	44.49	117.6	2.06
7	29.11	24.98	65.0	1.81
8	40.84	2.77	9.0	0.95
9	22.78	1.00	6.0	0.77
10	14.48	0.47	5.2	0.71
11	2.07	0.02	4.0	0.60
千代田 A	27.75	4.04	14.2	1.15
千代田 B	54.16	22.12	19.0	1.27
目黒 A	8.84	0.13	5.3	0.72
目黒 B	12.90	0.81	5.8	0.76
目黒 C	24.15	5.49	11.5	1.06
青山 A	11.98	0.83	5.4	0.73
青山 B	23.49	3.46	9.2	0.96
青山 C	27.04	4.32	9.3	0.96
世田谷 A	1.49	0.00	2.0	0.30
世田谷 B	3.16	0.02	0.0	
東京 A	1.89	0.00	0.0	
東京 B	1.39	0.00	0.0	

表 7・2 (ロ) 物理量の範囲

	模擬床	実存体育館床
UF-II $DR \cdot DR \cdot TR^{-1}$	2.07 ~ 40.84	1.39 ~ 54.16
$DR \cdot DR \cdot TR^{-1}$	0.02 ~ 44.49	0.00 ~ 22.12
TvD	4.0 ~ 117.6	0.0 ~ 19.0

単位は表 7・2 (イ) と同じ

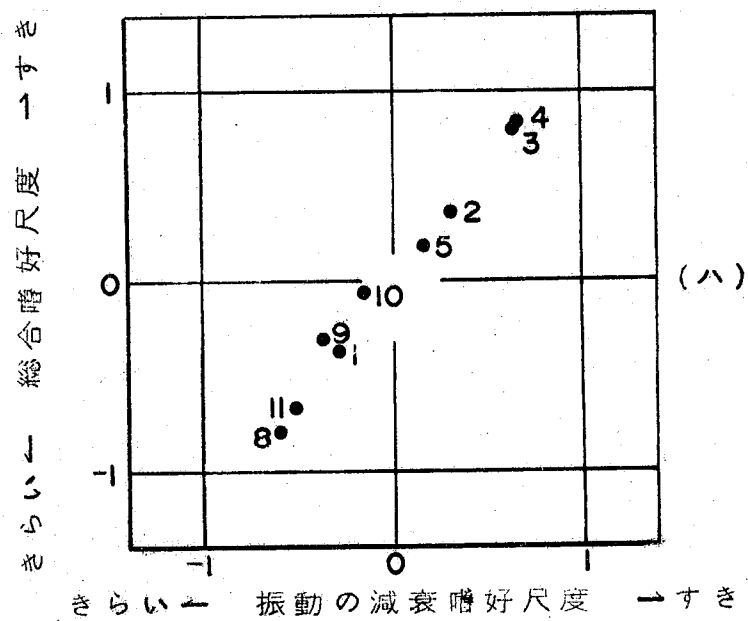
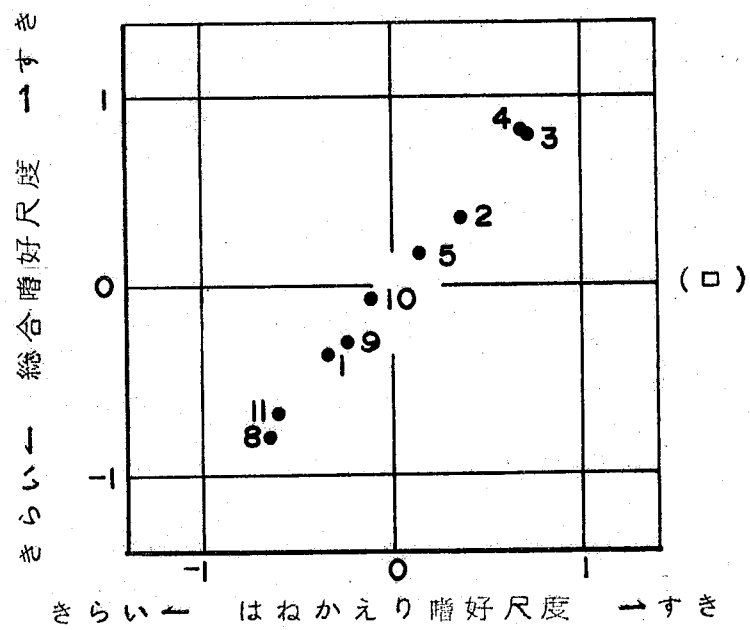
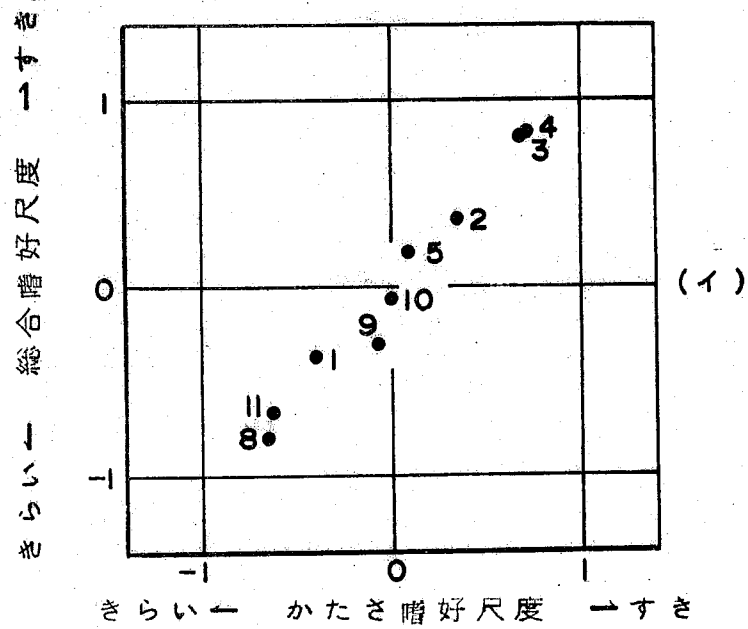


図-7・5 総合嗜好尺度と要素嗜好尺度の関係

度—B・B・V—9の關係を示したものである。

図において両者の単相關係係數 r は各々0.99で($r(7, 0.01) = 0.81$)あり、両者は各々ほぼ直線的比例關係にあることがわかる。

これらの結果と弾力性の仮定義から、当然の結果とは考えられるが、

総合嗜好 = かたさ嗜好 + はねかえり嗜好 + 振動の減衰嗜好 + μ

μ : 不確定要素の影響

なる關係が概念として容易に推定できる。ただし、各々の要素の嗜好がどの程度の割合で総合嗜好に寄与しているかはまったく不明である。

第6節 弾力性に関する要素嗜好尺度と床の物理量の關係

弾力性の各要素感覚尺度に対応する床の物理量と弾力性の各要素嗜好尺度がいかなる關係にあるかを考察し〔要素嗜好尺度 = f_2 (物理量)〕の關係を把握する。

7.6.1 かたさ嗜好尺度と物理量の關係

図—7-6にかたさ嗜好尺度—B・B・V—9と $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の關係を示した。

全体として、かたさ嗜好尺度は $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ と2次の關係にあるのが明確に認められる。

このことから常識的ではあるが、体育館の床はかたすぎてもやわらかすぎても好まれないこと、かたさの最適値が存在することを示唆しているのがわかる。

7.6.2 はねかえり嗜好尺度と物理量の關係

図—7-7にはねかえり嗜好尺度—B・B・V—9と $D_R \times D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の關係を示した。

全体として、はねかえり嗜好尺度は $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ と2次の關

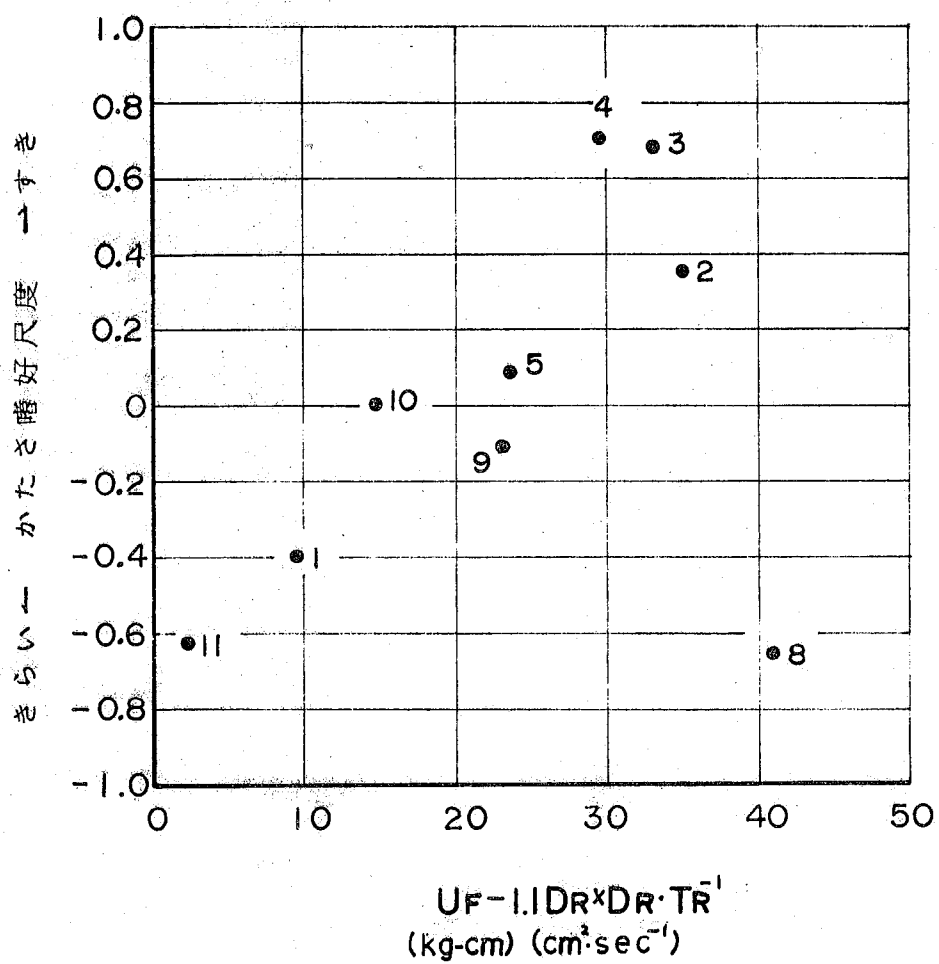


図-7・6 かたさ嗜好尺度と

$UF-IDR \times DR \cdot TR^{-1}$ の関係

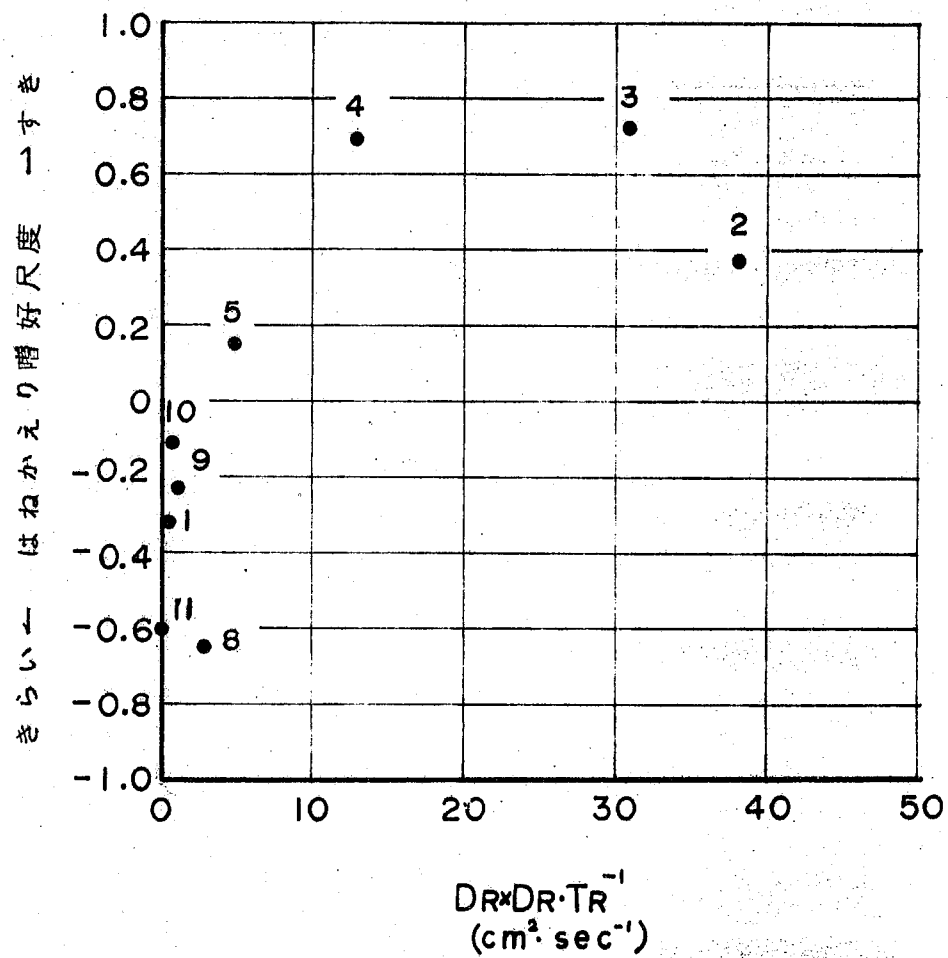


図-7・7 はねかえり嗜好尺度と

$DR \times DR \cdot TR^{-1}$ の関係

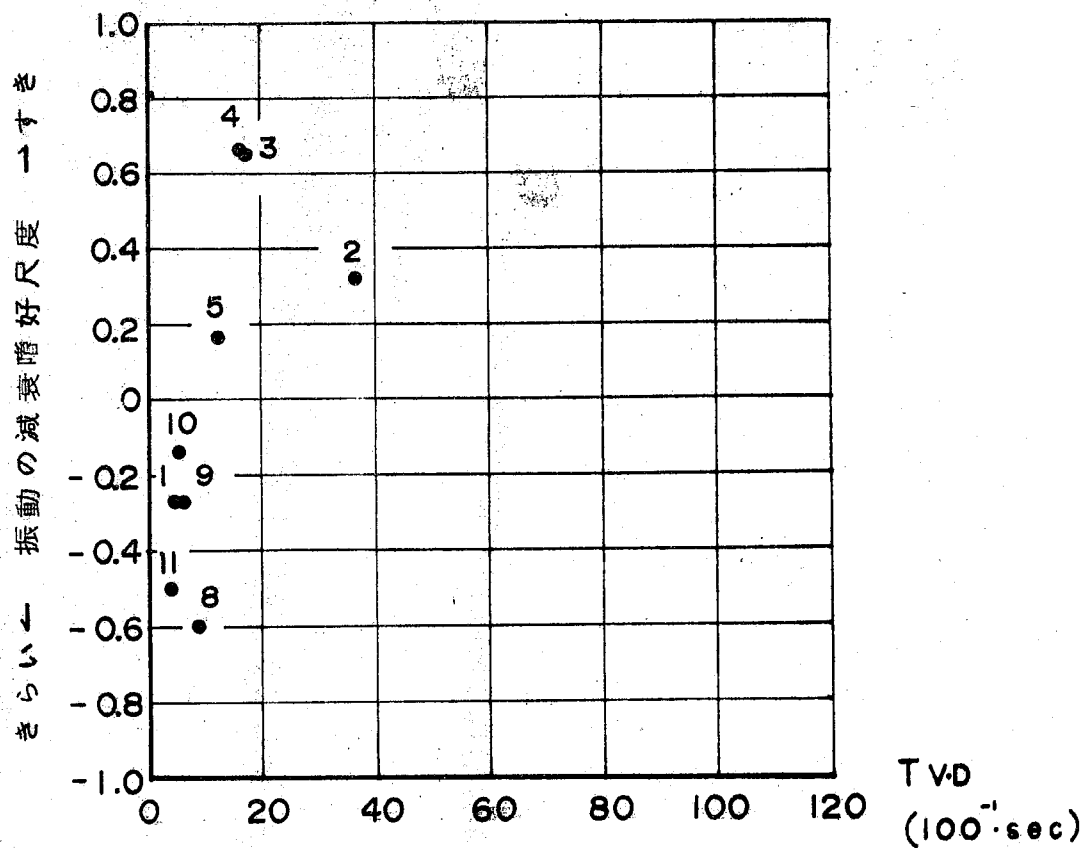


図 - 7・8 (イ) 振動の減衰嗜好尺度と T_{vD} の関係

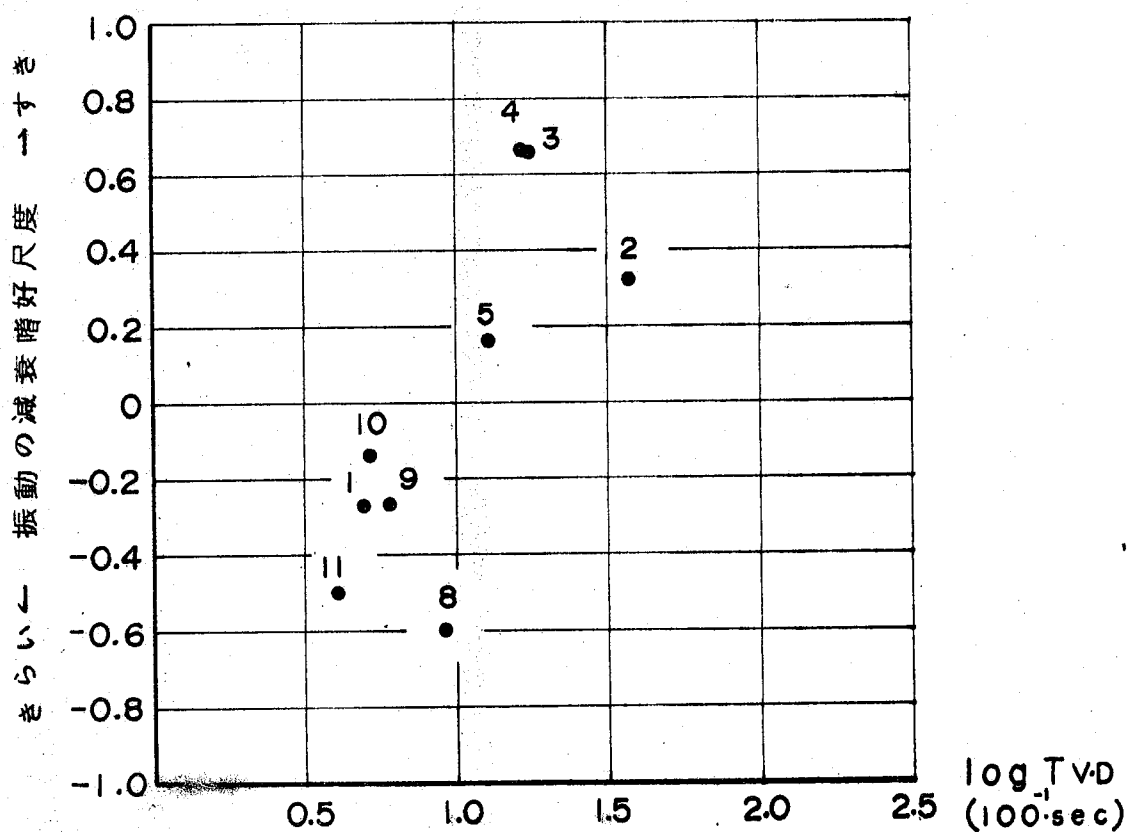


図 - 7・8 (ロ) 振動の減衰嗜好尺度と $\log T_{vD}$ の関係

係にあるのが明確に認められる。

このことから，体育館の床は，はねかえりがつよすぎても，よわすぎても好まれないこと，はねかえりの最適値が存在することを示唆しているのがわかる。

7.6.3 振動の減衰嗜好尺度と物理量の関係

図一 7.8 (1),(2)に振動の減衰嗜好尺度— $B \cdot B \cdot V$ — q と $T_{v.D}$ および $\log T_{v.D}$ との関係を示した。

同じ $T_{v.D}$ および $\log T_{v.D}$ の値でも嗜好尺度の値が大きくばらついており，両者の間に明確な関係は見い出せないが，しいていえば両者の関係は1次の関係にあるといえる。

第7節 弾力性に関する総合嗜好尺度と床の物理量との対応

第4節，第5節，第6節で考察した結果をもとに，体育館の床の弾力性に関する総合嗜好尺度をいかなる物理量を用いてどの程度まで説明できるかを解析して検討し，両者の関係式を求める。

7.7.1 総合嗜好尺度と物理量の対応モデルおよび勿変量解析手法の選択

弾力性の仮定義および第5節の考察結果にもとづいて，

$$\begin{aligned} (\text{総合嗜好}) = & (\text{かたさ嗜好}) + (\text{はねかえり嗜好}) \\ & + (\text{振動の減衰嗜好}) + \alpha_1 \end{aligned} \quad \text{—— (7.1)}$$

また，第4節，第6節の考察結果にもとづいて，

$$\begin{aligned} \text{かたさ嗜好尺度} = & a(U_F - 1.1 \, D_R \times D_R \cdot T_R^{-1})^2 + b(U_F - 1.1 \, D_R \times \\ & D_R \cdot T_R^{-1}) + \alpha_2 \end{aligned} \quad \text{—— (7.2)}$$

$$\begin{aligned} \text{はねかえり嗜好尺度} = & c(D_R \times D_R \cdot T_R^{-1})^2 + d(D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) \\ & + \alpha_3 \end{aligned} \quad \text{—— (7.3)}$$

$$\begin{aligned} \text{振動の減衰嗜好尺度} = & [e(\log T_{v.D}) \text{ または } f(T_{v.D})] \\ & + \alpha_4 \end{aligned} \quad \text{—— (7.4)}$$

$$* \begin{cases} a \sim e : \text{定数} \\ \alpha_i : \text{不確定要素} \end{cases}$$

なる関係を設定できる。

(7.1) ~ (7.4) から

$$\begin{aligned} \text{総合嗜好尺度} = & a(U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1})^2 + b(U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) \\ & + c(D_R \times D_R \cdot T_R^{-1})^2 + d(D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) + [e(\log T_{V.D}) \text{ または } f(T_{V.D})] + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 \end{aligned} \quad (7.5)$$

なる，総合嗜好尺度と床の物理量との対応モデルを設定できる。

$$\begin{aligned} \text{いま, 総合嗜好尺度} & : y \\ U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} & : x_1 \\ D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} & : x_2 \\ \log T_{V.D} & : x_3 \\ T_{V.D} & : x_4 \end{aligned}$$

とすると(7.5)式は

$$y = ax_1^2 + bx_1 + cx_2^2 + dx_2 + [ex_3 \text{ または } fx_4] + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 \quad (7.6)$$

となる。この対応モデルは未知パラメーター， $a, b, \dots, f, \alpha_1, \dots, \alpha_4$ に関して線形なので，このモデルの未知パラメーターを推定しその妥当性を検討するための変数解析手法として， y を被説明変数， x_i を説明変数とする重回帰分析が適当と考えられる。

重回帰分析法の詳細は文献27)などに詳しく述べられておりその概要はつぎのようである。

「 P 個の説明変数 $x_1, x_2, \dots, x_P$ と被説明変数 y の関係は一般に

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_P) + \varepsilon' \quad \text{--- ①}$$

と書くことができる。ここで， ε' は y の変動のうち $x_1, x_2, \dots, x_P$ では説明しきれない部分を表わす。

f の形は一般に不明であるが，説明変数 $x_1, x_2, \dots, x_p$ がそれぞれある基準値 $m_1, m_2, \dots, m_p$ のまわりに変動しその変域がそれほど大きくなく，関数 f の形がなめらかであると考えられるときは f を $(m_1, m_2, \dots, m_p)$ のまわりにテイラー展開し，その一次の項のみをとると①式は

$$y = m_y + \sum_{i=1}^p \frac{\partial f}{\partial x_i} \bigg|_{m_1, m_2, \dots, m_p} (x_i - m_i) + \varepsilon \quad \text{--- ②}$$

と書ける。ここで ε は ε' のほかにテイラー展開における2次以上の項をすべて含む。

②式における導関数を係数 β_i とおきかつ β_0 を次式で定義すると②式は

$$\left. \begin{aligned} \beta_i &= \frac{\partial f}{\partial x_i} \bigg|_{x_1=m_1, x_2=m_2, \dots, x_p=m_p} \\ \beta_0 &= m_y - \sum_{i=1}^p \beta_i m_i \end{aligned} \right\} \quad (i=1, 2, \dots, p) \quad \text{--- ③}$$

$$\begin{aligned} y &= m_y + \beta_1(x_1 - m_1) + \beta_2(x_2 - m_2) + \dots + \beta_p(x_p - m_p) + \varepsilon \\ &= \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon \quad \text{--- ④} \end{aligned}$$

と書ける。④式が重回帰モデルと呼ばれるものである。

P 個の説明変数とそれに対応する目的変数の値 $(x_1, x_2, \dots, x_p; y)$ が n 組 ($n \geq p+1$) 得られるとき，これを用いて最小二乗法により $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)$ の最良不偏推定値を求める手法が重回帰分析である。

重回帰モデルは通常次の形で表わされる。(目的変数がただ一つの場合)

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{12} + \dots + \beta_p x_{1p} + \varepsilon_1 \\ y_2 &= \beta_0 + \beta_1 x_{21} + \beta_2 x_{22} + \dots + \beta_p x_{2p} + \varepsilon_2 \\ &\quad \text{-----} \\ y_d &= \beta_0 + \beta_1 x_{d1} + \beta_2 x_{d2} + \dots + \beta_p x_{dp} + \varepsilon_d \\ &\quad \text{-----} \\ y_n &= \beta_0 + \beta_1 x_{n1} + \beta_2 x_{n2} + \dots + \beta_p x_{np} + \varepsilon_n \end{aligned} \right\} \quad \text{--- ⑤}$$

ここで、 β_0 は定数(切片)、 β_i ($i=1, 2, \dots, p$) は y の x_i に対する偏回帰係数、 ε_i は残差(誤差)とよばれ通常つぎの仮定がおかれる。

- 1) $\varepsilon_d, \varepsilon_{d'}$ は互いに独立である。 ($d \neq d', d, d' = 1, 2, \dots, n$)
- 2) $E[\varepsilon_d] = 0$ ($d = 1, 2, \dots, n$)
- 3) $V[\varepsilon_d] = \sigma^2$ ($d = 1, 2, \dots, n$)
- 4) ε_d は正規分布にしたがう。 ($d = 1, 2, \dots, n$)

重回帰式の計算はつぎのように行なう。

車回歸モデル

$$y_d = \beta_0 + \beta_1 x_{d1} + \beta_2 x_{d2} + \dots + \beta_p x_{dp} + \varepsilon_d \quad (d=1, 2, \dots, n) \quad \text{--- } (6)$$

において偏回帰係数 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ の最良不偏推定値を $b_0, b_1, \dots, b_p$ とするとこれは

$$Q = \sum_{d=1}^n \{ y_d - (b_0 + b_1 x_{d1} + b_2 x_{d2} + \dots + b_p x_{dp}) \}^2$$

を最小にする値として求められる。 Q を $b_0, b_1, \dots, b_p$ で偏微分して 0 とおけばつぎの正規方程式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} b_0 n + b_1 \sum_{d=1}^n x_{d1} + b_2 \sum_{d=1}^n x_{d2} + \dots + b_p \sum_{d=1}^n x_{dp} &= \sum_{d=1}^n y_d \\ b_0 \sum_{d=1}^n x_{d1} + b_1 \sum_{d=1}^n x_{d1}^2 + b_2 \sum_{d=1}^n x_{d1} x_{d2} + \dots + b_p \sum_{d=1}^n x_{d1} x_{dp} &= \sum_{d=1}^n x_{d1} y_d \\ \vdots \\ b_0 \sum_{d=1}^n x_{dp} + b_1 \sum_{d=1}^n x_{d1} x_{dp} + b_2 \sum_{d=1}^n x_{d2} x_{dp} + \dots + b_p \sum_{d=1}^n x_{dp}^2 &= \sum_{d=1}^n x_{dp} y_d \end{aligned} \right\} \text{--- (7)}$$

この第1式から、

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 - \dots - b_p \bar{x}_p \quad \text{—— ⑧}$$

が得られるのでこれを残りの P 個の式に代入し整理すると,

$$\left. \begin{array}{l} b_1 S_{11} + b_2 S_{12} + \dots + b_p S_{1p} = S_{1y} \\ b_1 S_{12} + b_2 S_{22} + \dots + b_p S_{2p} = S_{2y} \\ \dots \dots \dots \\ b_1 S_{1p} + b_2 S_{2p} + \dots + b_p S_{pp} = S_{py} \end{array} \right\} \text{--- (9)}$$

を得る。ここで、

$$S_{ii'} = \sum_d (x_{di} - \bar{x}_i)(x_{di'} - \bar{x}_{i'}) \quad \text{--- 偏差平方和}$$

$$S_{iy} = \sum_d (x_{di} - \bar{x}_i)(y_d - \bar{y}) \quad \text{--- 偏差積和}$$

($i = 1, 2, \dots, p$)

である。

平方和・積和行列について、その逆行列を、

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1p} \\ S_{12} & S_{22} & \cdots & S_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{1p} & S_{2p} & \cdots & S_{pp} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} S^{11} & S^{12} & \cdots & S^{1p} \\ S^{12} & S^{22} & \cdots & S^{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S^{1p} & S^{2p} & \cdots & S^{pp} \end{bmatrix}$$

とすると、 $b_1, b_2, \dots, b_p$ は

$$b_i = S^{i1} S_{1y} + S^{i2} S_{2y} + \cdots + S^{ip} S_{py} = \sum_{i=1}^p S^{ii'} S_{i'y} \quad (i=1, 2, \dots, p) \quad \text{--- ⑩}$$

として求められる。

こうして得られた、 $b_0, b_1, \dots, b_p$ を用いて重回帰式

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_p x_p \quad \text{--- ⑪}$$

が得られる。また個々の測定値 $x_{d1}, x_{d2}, \dots, x_{dp}$ ($d=1, 2, \dots, n$) に対しては、

$$Y_d = b_0 + b_1 x_{d1} + b_2 x_{d2} + \cdots + b_p x_{dp} \quad \text{--- ⑫}$$

を得る。

また残差平方和 S_e は、

$$S_e = \sum_{d=1}^n (y_d - Y_d)^2 = S_{yy} - b_1 S_{1y} + b_2 S_{2y} - \cdots - b_p S_{py} \quad \text{--- ⑬ となる。}$$

重回帰分析の有意性検定のための分散分析表は下表のとおりであり、

変動因	自由度	平方和	分散	分散比
全 体	$n - 1$	$S_{yy} = \sum_{d=1}^n (y_d - \bar{y})^2$		
回 帰 に よ る	p	$S_R = \sum_{d=1}^n (Y_d - \bar{Y})^2$ $= \sum_{i=1}^p b_i S_{iy}$	$V_R = S_R / p$	V_R / V_e
回帰か らの残 差	$n - p - 1$	$S_e = \sum_{d=1}^n (y_d - Y_d)^2$ $= S_{yy} - S_R$	$V_e = S_e / (n - p - 1)$	

有意水準 α に対する $F_{n-p-1}^p(\alpha)$ との比較により検定を行なう。

実測値 y_d とその回帰推定値 $\hat{y}_d$ との相関係数つまり重相関係数 R は

$$R = \frac{\sum_{d=1}^n (y_d - \bar{y})(\hat{y}_d - \bar{\hat{y}})}{\sqrt{\sum_{d=1}^n (y_d - \bar{y})^2 \sum_{d=1}^n (\hat{y}_d - \bar{\hat{y}})^2}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{自由度調整ずみの重相関係数} \\ R^* \text{は} \\ R^* = \sqrt{\frac{1}{n-p-1} \{ (n-1) R^2 - p \}} \end{array} \right)$$

で表わされ、寄与率は R^2 となる。

χ_i 以外の $(p-1)$ 個の説明変数を用いても、なお y を説明するのに χ_i 独自の役割があるか否かを検討する。偏回帰係数 b_i の有意性検定は t 検定により行う。

すなわち、 β_i がある特定の値 β_{i0} をとるという帰無仮説、

$$H_0: \beta_i = \beta_{i0}$$

に対し、有意水準 α に対してつぎの t 検定の結果を得たならば H_0 を否定する。

$$t = \frac{|b_i - \beta_{i0}|}{\sqrt{s^{ii} V_e}} \geq t(n-p-1; \alpha) \quad (\text{通常 } \beta_{i0} = 0 \text{ とする})$$

以上が重回帰分析法の概要である。

なお、実際の計算は、とくに説明変数が2個以上の場合は電子計算機により行なうのが一般的である。」

本研究における重回帰分析を行なうにあたり、 χ_1^2 と χ_1 および χ_2^2 と χ_2 の相関をすくなくすること、 $\chi_1 \times \chi_2$ の効果も考慮する必要があることから、つぎのような変換を行なう。

$$\begin{array}{ll} \chi_1 & : \quad X_1 \\ \chi_2 & : \quad X_2 \\ (\chi_1 - \bar{\chi}_1)^2 & : \quad X_3 \\ (\chi_2 - \bar{\chi}_2)^2 & : \quad X_4 \\ (\chi_1 - \bar{\chi}_1)(\chi_2 - \bar{\chi}_2) & : \quad X_5 \\ \chi_3 & : \quad X_6 \end{array} \quad * \left\{ \begin{array}{l} \bar{\chi}_1 : \chi_1 \text{ の 平均 値} \\ \bar{\chi}_2 : \chi_2 \text{ の 平均 値} \end{array} \right.$$

$$X_4 : X_7$$

またあらたに未知パラメーターを設定すると(7.6)式はつぎの重回帰モデルに変換できる。

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 \text{ (または } \beta_7 X_7 \text{)} + \varepsilon \quad \text{————— (7.7)}$$

ここで

β_0 : 定数

β_i : 偏回帰係数

ε : 残差

(7.7)式の重回帰モデルで表わされる対応モデルに関する重回帰分析を行なうのであるが、分析によつて得る情報はつぎのとおりである。

1. 取り入れた説明変数 X_i が被説明変数 y を説明する変数として存在価値があるか、つまり、物理量 X_i が設定したモデルにおいてそれ自体の値の範囲のなかで変動した場合、その効果が総合嗜好尺度 y に寄与するかを検討する。

————→ X_i の偏回帰係数 β_i の最良不偏推定値 b_i の有意性検定(t 検定)による。

2. 弾力性の総合嗜好に關与する重要な物理量をとりにほしていないか、つまり、設定したモデルが妥当かどうかを検討する。

————→ 重回帰分析の有意性検定(F 検定)、重相関係数および寄与率の高低、実際の値(y)と求められるモデルにより推定される値($\hat{y}$)の相関図(異常値の発見)による。

3. 以上、1.、2.の結果から妥当性が得られた上で最適モデルを知る。

7.7.2 重回帰分析

重回帰分析における説明変数選択の手法としては、これまでの研究結果から総合嗜好に影響をあたえる可能性が大きいと考えられる、 $X_1 \sim X_4$ を必ず変数に取り入れ、残りの $X_5 \sim X_7$ に関しては有効なものだけを変数に取り入れる指定・選択結合法とした。

表-7.3に変数の値、表-7.4に変数間の単相関係数の値を一覧にした。

表-7.5は重回帰分析結果、図-7.9(㊦)~(㊨)は実際の総合嗜好尺度(㊦)と得られたモデルから推定される総合嗜好尺度の推定値(㊦)との相関関係を示す図(㊦-㊦図)である。

各種目とも重回帰分析はF検定から高度に有意であり、単相関係数および寄与率も高い値を示している。

BAD, BAS, B-B-Vの場合は $X_1 \sim X_4$ のほかに追加される変数はなく、かつ、4つの偏回帰係数とも検定からすべて有意であり、図-7.9(㊦), (㊨), (㊨)からも明らかのように推定される㊦は㊦とよく一致しているといえる。

VOL, Mの場合は、 $X_1 \sim X_4$ のほかに追加される変数がないのは上記3種目の場合と同じであるが、t検定の結果有意でない偏回帰係数がある。しかし、図-7.9(㊦), (=)をみると推定される㊦は㊦とよく一致していることから、満足してもよいと考える。

これらのことから、総合嗜好尺度は、床の材料や構法の如何にかかわらず、物理量 $X_1 \sim X_4$ で充分説明でき、弾力性に関与する重要な物理量をとりにぼしている心配のないことも明らかといえる。

7.7.3 総合嗜好尺度と物理量の関係式

重回帰分析において求められた偏回帰係数の最良不偏推定値を(7.7)式に代入して求められる(7.8)~(7.12)式を、

表 - 7 . 3 変数一覧

模 擬 床	y					X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
	y _M	y _{BAD}	y _{BAS}	y _{VOL}	y _{B-B-V}							
1	-0.3202	-0.4736	-0.3986	-0.2296	-0.3769	8.99	0.27	203.63	97.21	140.70	0.69	4.9
2	0.5359	0.3099	0.0784	0.7555	0.3638	34.71	38.17	131.10	786.24	321.05	1.56	36.4
3	0.7450	0.8713	0.5620	1.0000	0.8061	32.98	31.01	94.47	435.97	202.95	1.23	17.2
4	0.6405	0.9239	0.9150	0.6444	0.8387	29.20	12.90	35.28	7.69	16.45	1.22	16.6
5	0.1764	0.2982	0.3660	-0.1481	0.1895	23.33	4.60	0.00	30.58	-0.38	1.10	12.7
8	-0.5620	-0.7894	-0.8039	-0.7925	-0.7952	40.84	2.77	309.05	54.16	-129.38	0.95	9.0
9	-0.3529	-0.2163	-0.3137	-0.3703	-0.2941	22.78	1.00	0.23	83.35	4.38	0.77	6.0
10	-0.1895	-0.1578	-0.0326	0.0148	-0.0653	14.48	0.47	77.08	93.31	84.81	0.71	5.2
11	-0.6732	-0.7660	-0.3725	-0.8740	-0.6666	2.07	0.02	449.01	102.21	214.23	0.60	4.0

X₁ : kg·cm , cm²·sec⁻¹X₂ : cm²·sec⁻¹X₆, X₇ : 100·sec

表 - 7 . 4 変数間相関表

	Y _{BAD}	Y _{BAS}	Y _{VOL}	Y _{B·B·V}	Y _M	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Y _{BAD}	1.0000	0.9538 ^{••}	0.9112 ^{••}	0.9931 ^{••}	0.9677 ^{••}	0.4292	0.6625	0.6936 [•]	0.3323	0.2088	0.7279 [•]	0.5815
Y _{BAS}		1.0000	0.8032 [•]	0.9528 ^{••}	0.8849 ^{••}	0.2124	0.4969	0.6156	0.1575	0.1975	0.5861	0.4409
Y _{VOL}			1.0000	0.9412 ^{••}	0.9613 ^{••}	0.4406	0.8322 ^{••}	0.5741	0.6134	0.4571	0.7636 [•]	0.7180 [•]
Y _{B·B·V}				1.0000	0.9758 ^{••}	0.3830	0.6928	0.6557	0.3846	0.2953	0.7234 [•]	0.6054
Y _M					1.0000	0.5100	0.8076 [•]	0.6012	0.5225	0.3352	0.8409 ^{••}	0.7395 [•]
X ₁						1.0000	0.5766	0.3258	0.3740	0.2713	0.7633 [•]	0.6076
X ₂							1.0000	0.2169	0.8998 ^{••}	0.6108	0.8824 ^{••}	0.9145 ^{••}
X ₃								1.0000	0.3204	0.1774	0.3948	0.2573
X ₄									1.0000	0.7629 [•]	0.6885	0.8467 ^{••}
X ₅										1.0000	0.2649	0.4966
X ₆											1.0000	0.9430 ^{••}
X ₇												1.0000

$$r(7, 0.05) = 0.6929(•)$$

$$r(7, 0.01) = 0.8146(••)$$

表一 7・5 重回帰分析結果

競技 種目	採用 変数	偏 回 帰 係 数			重 相 関 係 数	寄 与 率	分 散 分 析 F 値
		b _i		t 値			
BAD	X1	b1	-0.0168	7.300 ⁰⁰	0.9976 (0.9951)	0.9953 (0.9904)	215.25 ⁰⁰
	X2	b2	0.0843	18.767 ⁰⁰			
	X3	b3	-0.0018	11.316 ⁰⁰			
	X4	b4	-0.0031	14.151 ⁰⁰			
		b0	0.3976	6.720 ⁰⁰			
BAS	X1	b1	-0.0245	4.101 ⁰⁰	0.9777 (0.9548)	0.9560 (0.9117)	21.72 ⁰⁰
	X2	b2	0.0829	7.109 ⁰⁰			
	X3	b3	-0.0013	3.189 ⁰⁰			
	X4	b4	-0.0034	5.923 ⁰⁰			
		b0	0.5726	3.730 ⁰⁰			
VOL	X1	b1	-0.0160	1.787 ⁰⁰	0.9671 (0.9330)	0.9352 (0.8705)	14.47 ⁰⁰
	X2	b2	0.0688	3.929 ⁰⁰			
	X3	b3	-0.0016	2.607 ⁰⁰			
	X4	b4	-0.0016	1.866 ⁰⁰			
		b0	0.2199	0.953 ⁰⁰			
M	X1	b1	-0.0103	2.697 ⁰⁰	0.9908 (0.9839)	0.9818 (0.9681)	54.12 ⁰⁰
	X2	b2	0.0649	8.712 ⁰⁰			
	X3	b3	-0.0011	4.410 ⁰⁰			
	X4	b4	-0.0020	5.473 ⁰⁰			
		b0	0.1351	1.377 ⁰⁰			
B・B・V	X1	b1	-0.0192	4.860 ⁰⁰	0.9920 (0.9814)	0.9842 (0.9633)	62.31 ⁰⁰
	X2	b2	0.0793	10.314 ⁰⁰			
	X3	b3	-0.0016	5.823 ⁰⁰			
	X4	b4	-0.0028	7.326 ⁰⁰			
		b0	0.4036	3.988 ⁰⁰			

$$t(4, 0.05) = 2.776(*) \quad t(4, 0.01) = 4.604(**)$$

$$F_4^4(0.05) = 6.39(*) \quad F_4^4(0.01) = 16.00(**)$$

※ () は自由度調整済みの値

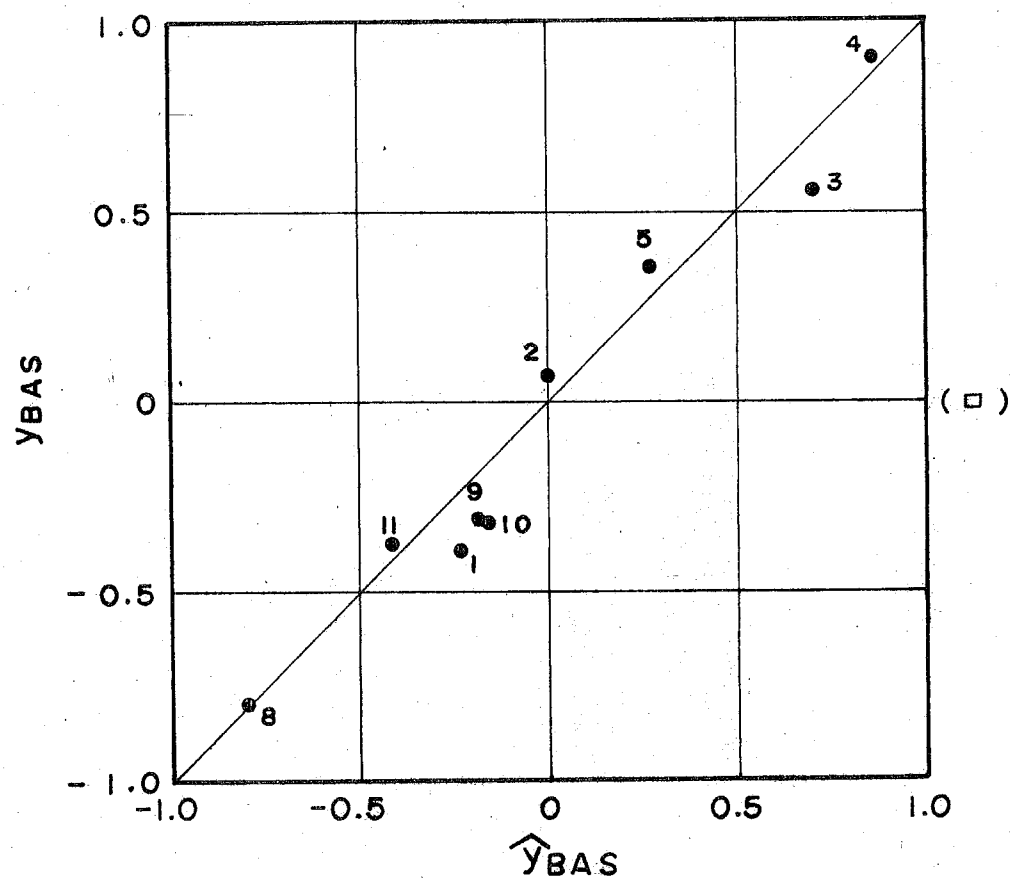
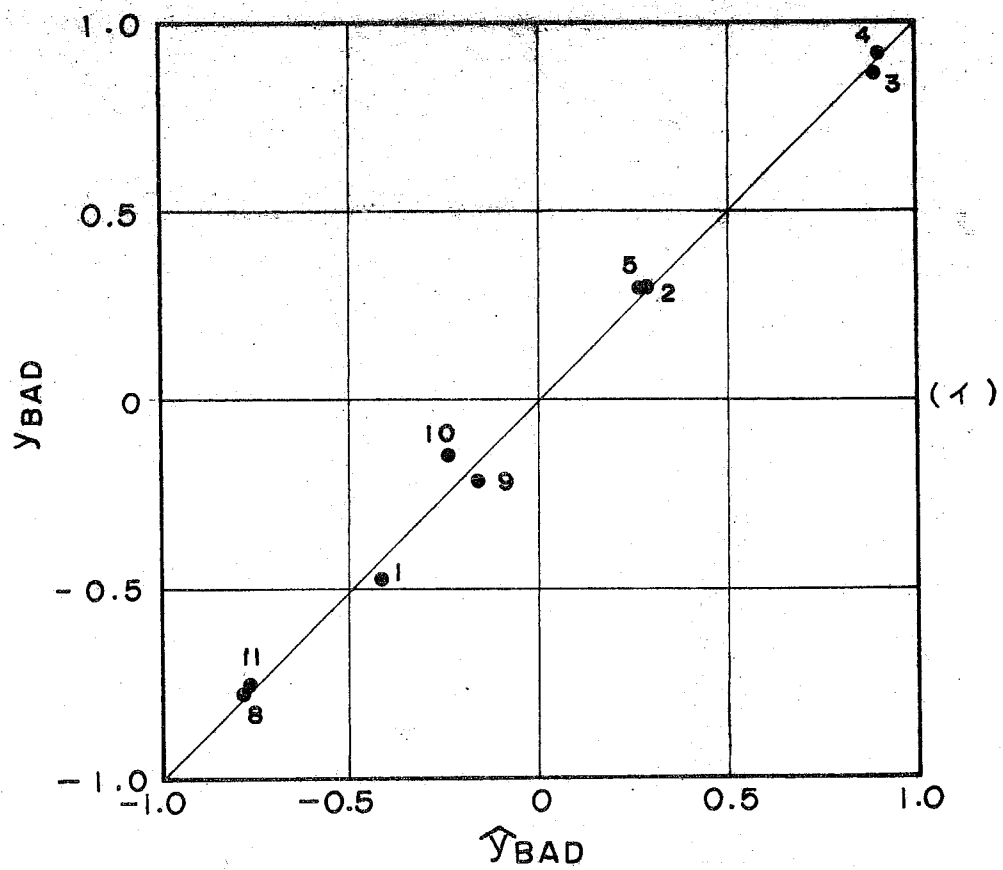


図-7・9 総合嗜好尺度の実際値と推定値の関係

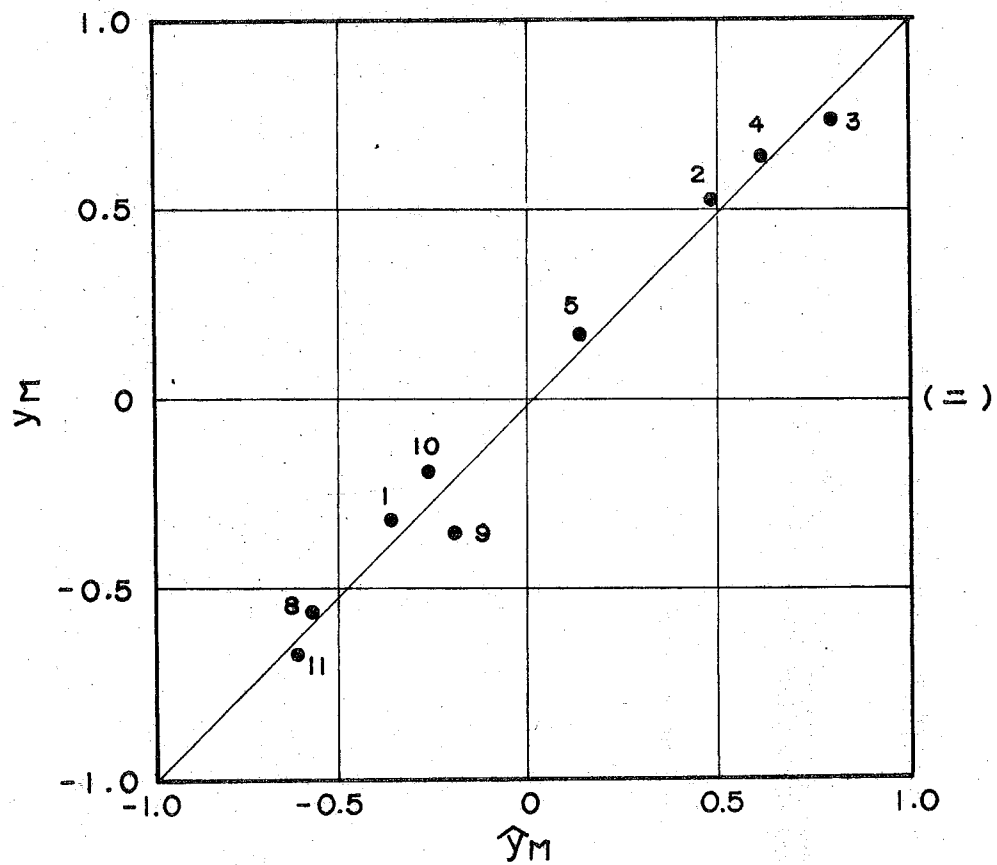
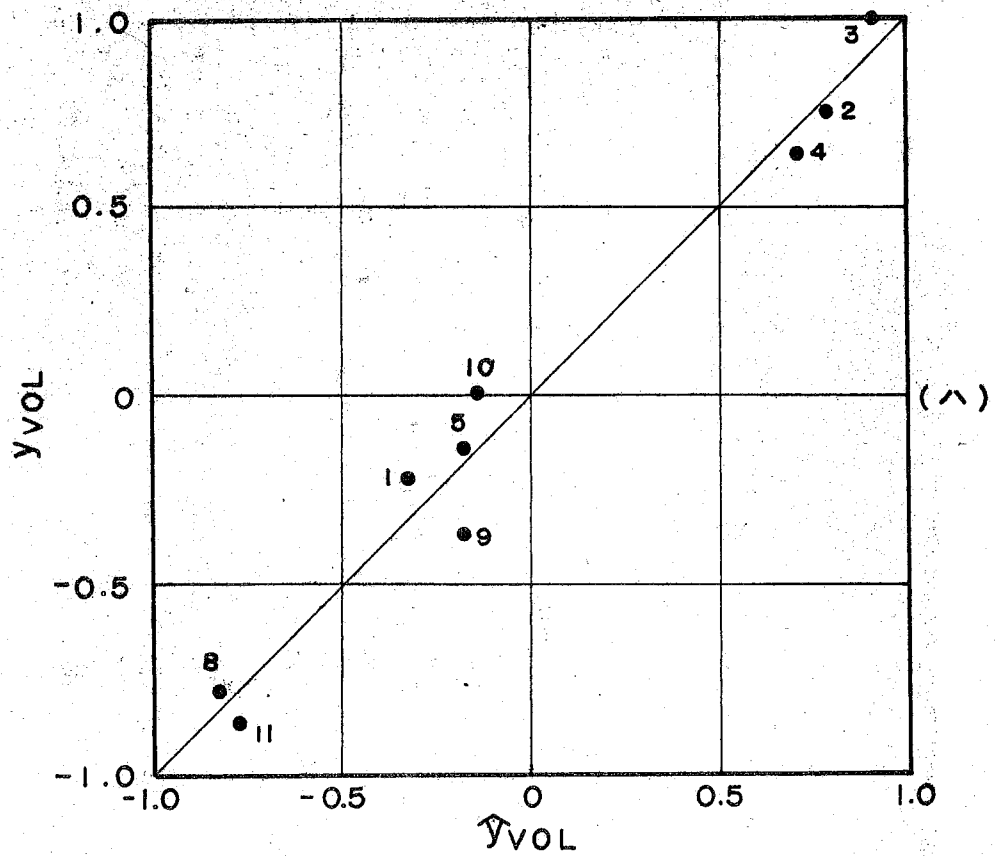


図-7・9 総合嗜好尺度の実際値と推定値の関係

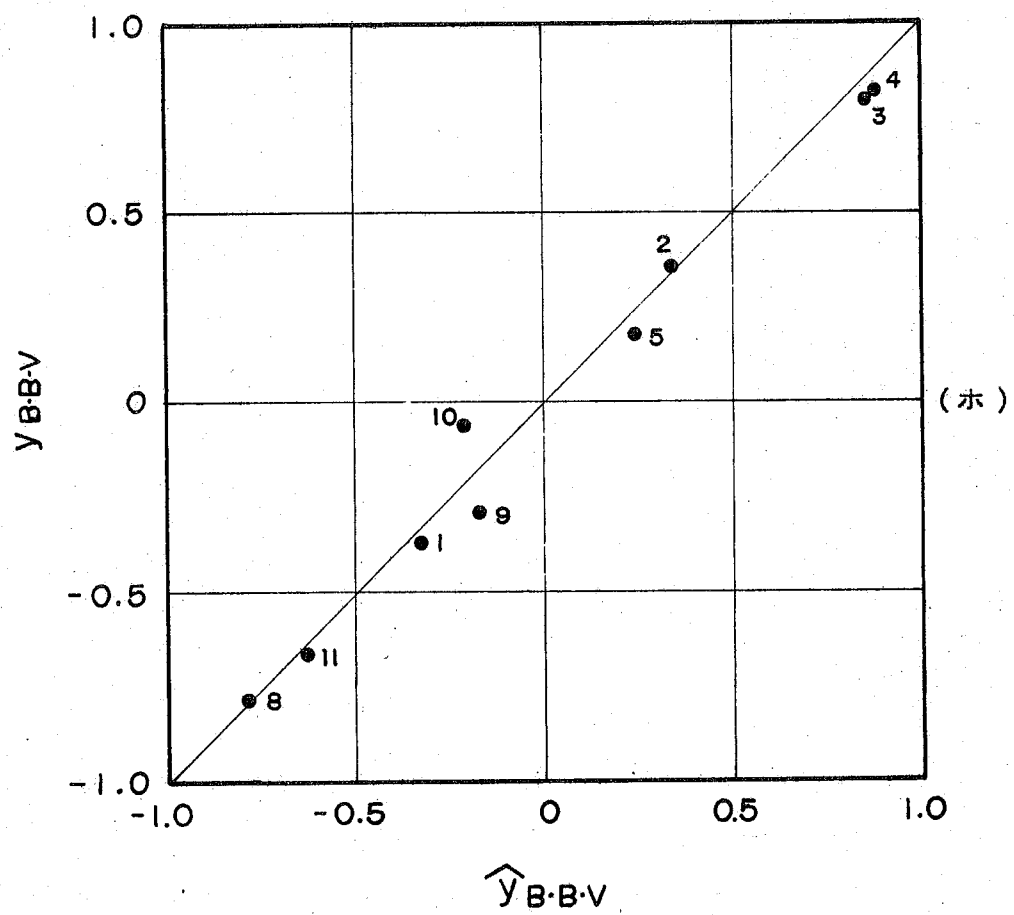


図-7・9 総合嗜好尺度の実際値と推定値の関係

$$Y_{BAD} = 0.3976 - 0.0168(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}) + 0.0843 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}$$

$$- 0.0018(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 23.26)^2 - 0.0031(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 10.13)^2$$

———— (7.8)

$$Y_{BAS} = 0.5726 - 0.0245(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}) + 0.0829 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}$$

$$- 0.0013(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 23.26)^2 - 0.0034(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 10.13)^2$$

———— (7.9)

$$Y_{VOL} = 0.2199 - 0.0160(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}) + 0.0688 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}$$

$$- 0.0016(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 23.26)^2 - 0.0016(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 10.13)^2$$

———— (7.10)

$$Y_M = 0.1351 - 0.0103(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}) + 0.0649 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}$$

$$- 0.0011(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 23.26)^2 - 0.0020(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 10.13)^2$$

———— (7.11)

$$Y_{BB-V} = 0.4036 - 0.0192(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}) + 0.0793 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}$$

$$- 0.0016(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 23.26)^2 - 0.0028(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 10.13)^2$$

———— (7.12)

総合嗜好尺度と物理量の関係式として設定できる。

この関係式は、物理量 $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ 、 $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ および $T_V \cdot D$ の値が試料となつた9個の模擬床の値の範囲にあるかぎり、総合嗜好尺度をよく推定できるものである。

この範囲は表-7.2(1)よりつぎのようになる。

$$\left. \begin{array}{l} U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} \leq 40 \\ D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} \leq 38 \\ T_V \cdot D \leq 36 \end{array} \right\} \quad (7.13)$$

※ 単位 $U_F : \text{kg-cm}$
 $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} : \text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$
 $T_V \cdot D : 100^{-1} \cdot \text{sec}$

第3節でも述べたが、人間の感覚や嗜好と物理量との対応に関する研究は多方面で数多く発表されているが、本研究と同種の研究、すなわち、試料の力学的特性が刺激の大半でかつ主観的要素の強い嗜好を問題にしている研究、においては、関係式の説明能力が60%程度でも満足すべきとされている。

本研究で得られた関係式においては、表-7.5の寄与率の値からも明らかのように、かなり高い説明能力(87%~99%)を得たが、これは物理量を得る弾力性測定装置が実状にそつていること、対応モデルの設定の過程において考察を行つた結果が妥当であつたことなどによると考える。

なお、重回帰分析は東京工業大学情報処理センターの電子計算機 HITAC 8700 を用いて行ない、プログラムは HITACHI STATISTICAL ANALYSIS PROGRAM — “STEPWISE REGRESSION” を使用した。

第8節 体育館の床の弾力性の評価式・定義、最適弾力性の提示と実存体育館床の弾力性評価

7.8.1 体育館の床の弾力性に関する評価式の提示

総合嗜好尺度および物理量を誘出する媒体となつた模擬床には、模擬床・6, 7を除いても弾力性に関与する物理量に関して、実存する体育館の床および将来とも考えられる床をも包含させているとみなせること、弾力性に関する総合嗜好尺度は使用感の観点からの弾力性の良否の尺度と同一であること、から式(7.8)～式(7.12)と式(7.13)の条件つきで体育館の床の弾力性の評価式として提示できる。

この評価式から得られる評価値は、運動競技者の使用感とその基本としているが、運動競技者の生理的な裏付けがなされていないこと、現時点で求めた総合嗜好尺度は絶対的なものではなく時とともに変化する可能性があること、官能検査時の嗜好の判断と通常の体育館での嗜好の判断に相違が存在する可能性があること、の問題点を含んでいる。

運動競技者の生理的な裏付けに関しては、運動動作時の運動競技者の筋電、心電などの生理学的測定値から検討を加えることが考えられるが、本研究で対象とした激しい運動動作の場合、生理学の分野の現時点での技術では明確に検討できないだろうことが日本体育協会スポーツ科学研究所・スポーツ障害研究プロジェクトの生理学の専門家のおおかたの意見であつたため、生理学的測定値による検討は加えてなく今後の課題として残されている。

しかし、第2章の弾力性に関する使用感調査で、弾力性がよくない床で運動動作を行なうと、“足首・ふくらはぎ・腰などが痛くなる”、“頭にひびく”など運動競技者の生理にかかわる意見が数多く出されていることから、運動競技者は潜在的にこれら生理的な反応を含めて弾力性に関する判断を行つているものと解釈でき、間接的ではあるがある程度の生理学上の裏付けもなされているとみなすことができる。

また、人間の嗜好がからみ合う課題には共通した問題といえるが、弾力性に関する嗜好も運動競技者の肉体の変化、ある種の床に対する慣れ、履物の変化、などから時とともに変化することが考えられる。

しかし、第2章の使用感調査で約20年前からわが国において施工されてきたかたい塗床が現在でも運動競技者にきらわれている、などの例からも明らかのように、運動競技者の生理および競技のしやすさから、慣れ、履物の変化などにも限界があり、急激に嗜好が変化することはないといえる。

したがって、本研究で求めた体育館の床の弾力性に関する総合嗜好尺度および評価式は当分の間使用できるものといえるが、長い年月の間にさまざまな要因から嗜好がまったく変化しないとも断言できないので、嗜好の経時変化はつねに検討されなければならない。

また、官能検査時と実際の体育館での弾力性に関する嗜好の判断の差異に関しては、厳密にはないとは断言できない。

しかし、官能検査の経過でも述べたように、本研究における官能検査の検査員程度の競技歴および競技能力を有している選手は通常、官能検査における判断動作と同様の動作（2～3度の跳躍→着地の動作）で、使用する体育館の床の弾力性の良否を直観的に判断すること、後述するように、弾力性の評価式から求められる実存体育館床の評価値の序列と、第2章における使用感調査結果が一致していること、などから推察して両者の間に有意な差異はないと考えられる。

7.8.2 体育館の床の弾力性の定義

これまでの研究結果から体育館の床の弾力性をつぎのように定義できる。

『体育館の床の弾力性とは、床のふたさおよび床のはねかえりの使用感上の要素が複合されたものであり、その評価は

〔(7.8)式～(7.13)式によつてなされる〕

なお、この定義は第6章で述べた仮定義から振動の減衰に関する項を条件つきで除いたものであり、仮定義と矛盾するものではないことから、仮定義の妥当性が証明されたことになる。

7.8.3 体育館の床の弾力性に関する最適値の提示

体育館の床の弾力性に関する最適値は、(7.8)式～(7.12)式の最大値として求められる。

(7.8)式～(7.12)式を変形して(7.14)～(7.18)式にすると各々の種目の最適値および最適値を具現する物理量の値を表-7.6のように求めることができる。

表-7.6から明らかとなり、運動競技種目ごとに最適値を具現する物理量の値がことなつていて、バスケットボール競技では他の競技にくらべてややかたい床、同様にバレーボール競技ではやややわらかくかつはねかえりがややつよい床、バドミントン競技では両者の中間的な性質を有する床、を各々好んでいるといえる。このことは各競技の運動動作の特徴から、バスケットボール競技では上下左右の運動動作が連続的で激しいので激しい動作を阻害するようなあまりやわらかい床は好まないこと、バレーボール競技では高く跳躍して着地する運動動作が効いたためやわらかくかつはねかえりのつよい床が好まれること、バドミントン競技では両者の運動動作を含んでいることから両者の中間的な性質を有する床が好まれること、と解釈でき常識的に考えても納得できる結果であるといえる。

体育館の床の設計・開発において弾力性に関して検討するとき、弾力性の評価式および最適値のなかでどの種目のものを使用するかは、対象とする体育館で行なう競技種目によつて決めるべきである。

$$Y_{BAD} = -0.0018(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 18.58)^2 - 0.0031(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 23.72)^2$$

$$+1.4723 \quad \text{—————} \quad (7.14)$$

$$Y_{BAS} = -0.0013(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 13.84)^2 - 0.0034(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 22.32)^2$$

$$+1.4640 \quad \text{—————} \quad (7.15)$$

$$Y_{VOL} = -0.0016(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 18.12)^2 - 0.0016(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 31.62)^2$$

$$+1.3159 \quad \text{—————} \quad (7.16)$$

$$Y_M = -0.0011(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 18.59)^2 - 0.0020(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 26.35)^2$$

$$+1.1036 \quad \text{—————} \quad (7.17)$$

$$Y_{BBV} = -0.0016(UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 17.25)^2 - 0.0028(\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} - 24.28)^2$$

$$+1.3782 \quad \text{—————} \quad (7.18)$$

表 - 7 ・ 6 弾力性の最適値

	BAD	BAS	VOL	M	B-B-V
最適値	1.4723	1.4640	1.3159	1.1036	1.3782
有意差範囲 (5%)	0.2085	0.2221	0.2730	0.2216	0.1365
$UF - 1.1 \text{ DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}$	18.58	13.84	18.12	18.59	17.25
$\text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1}$	23.72	22.32	31.62	26.35	24.28

$UF : \text{kg} \cdot \text{cm} \quad \text{DR} \times \text{DR} \cdot \text{TR}^{-1} : \text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$

評価式および最適値には競技種目として、バドミントン、バスケットボール、バレーボールの3競技種目のものしかないが、3競技種目の運動動作には体育館の床を使用して行なう代表的な運動動作がすべて含まれているとみなせるので、3競技種目以外の競技種目の専用体育館床をつくる場合には、3競技種目との運動動作の類似性を検討していずれかの評価式および最適値を用いねばよいと考える。

なお、現在わが国においては競技種目別に専用の体育館を建設することは一般的ではないと考えられることから、さまざまな運動競技を行なう一般的な体育館の床を対象とする場合には、3競技種目の選手の判断をひとつにした、B・B・Vの評価式および最適値を用いるのが妥当と考える。

また、評価式から得られる評価値および最適値はただひとつの値として定まるが、表-6-14、表-7-6に示したように総合嗜好尺度の尺度値間には有意差範囲があるので、実際上は有意差範囲を考慮してそれなりの幅をもたせるのが妥当と考える。

7.8.4 実存する体育館の床の弾力性評価

表-7-2 (イ) に示した、実存する体育館の床の物理量を弾力性の評価式(7-12)に代入して弾力性の評価値を求めたのが表-7-7である。

第2章における使用感調査結果と傾向は同じであることから評価式の妥当性を証明するひとつの資料となるが、本研究で対象とした実存体育館床のなかでは評価値のもつとも高い目黒区体育館 C の値でも $y_{B \cdot B \cdot V}$ の最適値とくらべると相当低い値である。

この原因としては、表-7-6の最適値を具現する物理量にくらべて、表-7-1、表-7-2 (イ) に示した実存体育館床の物理量、 U_F および D_R の値が小さいことがあげられる。

表-7・7 実存体育館床の弾力性評価

実存床名	評価値	使用感調査結果
千代田 A	0.0554	やわらかすぎる
千代田 B	-0.8129	
目黒 A	-0.3671	ちょうどよい
目黒 B	-0.1946	
目黒 C	0.3141	
青山 A	-0.2058	ちょうどよい
青山 B	0.1025	
青山 C	0.1094	
世田谷 A	-0.6694	かたすぎる
世田谷 B	-0.5864	
東京 A	-0.6496	かたすぎる
東京 B	-0.6745	

日本大学附属桜ヶ丘高校体育館床

評価値 : 0.6889

UF : 51.2 kg-cm

DR : 5.40 mm

TR : $1.9 \times 100^{-1} \text{sec}$

TV-D : $14.0 \times 100^{-1} \text{sec}$

本研究で対象とした実存体育館床は、第2章の使用感調査の結果から回答者が20名以上の体育館に限定して選定したもので、厳密には必ずしも実存体育館床全体の傾向を示しているとはいいがたい。

このことは、官能検査を実施した際、参考として、検査員に対し本研究で対象とした実存体育館床の使用感を聞き出しているが、使用感調査ではかたさが“ちようどよい”という結果であつた目黒区体育館、青山学院大学体育館の床でも、“もうすこしやわらかければなおよい”，また，“そのような床もある”という返答が多かつたことから納得できる。

表一7.7における欄外の日本大学附属桜ヶ丘高校体育館床は、運動競技選手に評判がよいこのことで後日弾力性の実地測定を行つた例であるが、弾力性の評価値が0.6889と高く、上述したことが裏付けられているといえる。

これらのことから、本研究で対象とした実存体育館床以外の床のなかには、最適値に近い評価値を示す床もあると推察されるが、弾力性のよくない床も数多くあることは間違いないことであり、今後充分な配慮をもつて体育館の床の設計・開発を行わなければならないことを示唆できる。

7.8.5 弾力性の観点からの体育館の床の設計指針

これまでの研究結果から、体育館の床の弾力性はその動的変形挙動を把握しなければ評価できないことが判明している。

木造床、塗床、あるいはその他の床でもその動的変形挙動を理論的に実際に適用できる厳密さまで検討するのは、たとえば木造床においては材種・材質のちがい、おさまり具合のちがい、工法のちがいなどから、また、塗床においては床材料の粘弾性的性質などから、かなりの困難がともなうと予想される。

よつて、現段階では、その都度適当な大きさのサンプルを

製作し、弾力性測定装置で測定して物理量を算出し、弾力性の評価式を用いて評価値を求め、工学的判断をもつて検討しながら最良の床を設計するのが早道と考えられる。

なお、評価値には有寛差範囲があることを考慮すれば、床の材料・構法ごとに具体的な設計指針（たとえば木造床であれば、大引間隔・根太間隔・部材断面寸法など）をつくることも可能と考えられる。

第9節 結論

本章の結論はつぎのとおりである。

1. かたさ感覚尺度、はねかえり感覚尺度、振動の減衰感覚尺度と対応する床の物理量はそれぞれ、弾力性測定装置の荷重板直径が50^{mm}の場合の、 $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ 、 $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ 、 T_{vD} あるいは $\log T_{vD}$ である。

2. 総合嗜好尺度と各要素嗜好尺度は各々直線的正の比例関係にある。

3. かたさ嗜好尺度と $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ は2次の関係、はねかえり嗜好尺度と $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ は2次の関係、振動の減衰嗜好尺度と T_{vD} あるいは $\log T_{vD}$ はほぼ1次の関係にある。

4. 1., 2., 3.の結果をもとに、総合嗜好尺度を被説明変数、床の物理量を説明変数とした対応モデルを設定して重回帰分析を行った結果、総合嗜好尺度と物理量 $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ 、 $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を用いて(T_{vD} の制限つき)高い精度で推定できる関係式(7.8)～(7.13)を得ることができた。

5. 弾力性に関する総合嗜好尺度と床の物理量との対応を示す関係式が弾力性に関する評価式となることを論述し、弾力性をあらためて定義するとともに、弾力性の最適値と床の物理量とともに求めた。

6. 評価式を用いて奥存体育館床の評価値を求め、最適値

と比較検討して問題点を抽出し、改善の余地があることを示唆するとともに、最良の弾力性を有する床をつくるための指針を示した。

第8章 結論

体育館の床の弾力性の本質を究明し、弾力性の評価方法を確立するとともに、弾力性の評価式および最適弾力性と床の設計・開発などにただちに還元できる工学的に一般性のある床の物理量で提示することをおもな目的として行つた本研究の結論はつぎのとおりである。

1. 運動競技選手を対象として、体育館の床の弾力性の使用感に関するアンケート調査を行ないつぎの結果を得た。

(i) ほとんどの運動競技選手は体育館の床の弾力性に関してその良否を感知している。

(ii) 弾力性のよくない床は運動競技選手に対し、心理的・生理的に多大な負荷をあたえている。

(iii) 実存する体育館のなかから、床の弾力性の良否の観点で使用感の傾向が顕著な体育館を抽出した。

2. 人間が跳躍して着地する時に床にあたえる荷重の諸性状を、試作した荷重測定装置を用いて実験的に解析しつぎの結果を得た。

(iv) 人間が跳躍して着地する時に床にあたえる荷重の大きさ、荷重速度、荷重の作用時間の値を、床の剛性および人間が跳躍時に保持する位置エネルギーと関連づけて得ることができ、弾力性測定装置を試作するための基礎資料を得た。

(v) 人間が跳躍して着地する時の床の変形、床に作用する荷重、床の剛性、人間が跳躍時に保持する位置エネルギー、を媒体として、床の剛性が高いほど人間は短時間により多くのエネルギーを吸収しなければならず、身体のある部分に短時間により大きな負荷が作用することを究明し、弾力性の一部と考えられる床のかたさを人間が感知するという感覚的事実をエネルギー論的に実証した。

3. 体育館の床の弾力性は、人間の運動動作時の床の動的変形挙動がその基本になるという考えにもとづき、人間が跳躍して着地する時に床にあたえる荷重を、ゴムばねと自由落下重錘からなる機械的荷重体に置換し、置換された荷重体により所定の荷重を床に作用させた時の床の動的変形挙動を測定できる「体育館の床の弾力性測定装置」を試作してその性能実験を行ない、本研究において充分使用できる性能をもつことを確かめた。

4. 弾力性に関する使用感の傾向が明確な5つの体育館の床の弾力性を、試作した弾力性測定装置で実地測定し、つぎの結果を得た。

(イ) 弾力性測定装置による測定結果から得られる床の変形エネルギーと弾力性に関する使用感調査結果とがよく対応し、本装置が体育館の床の弾力性測定装置として妥当であることを実証した。

(ロ) 床の変形エネルギーのほかに弾力性を左右する要素として推察される床のはねかえりおよび床の振動の減衰性状に関係すると考えられる物理量も得られる可能性を明らかにした。

(ハ) 弾力性に関係すると想定される物理量に関し、実存する体育館の床における値の範囲を求めた。

5. 弾力性の使用感に関する心理学的尺度を求めるため、さまざまな特性をもたせた11個の模擬床、68名の検査員を用いた官能検査を実施し、床のかたさに関する感覚および嗜好尺度、床のはねかえりに関する感覚および嗜好尺度、床の振動の減衰に関する感覚および嗜好尺度、床の弾力性に関する総合嗜好尺度の計7項目に関する心理学的尺度をシエッフエの一対比較法を用いて構成した。

6. 床のかたさ、はねかえり、振動の減衰に関する心理学的

尺度と弾力性測定装置により測定される床の物理量との対応を検討し、つぎの結果を得た。

(i) かたさ感覚尺度と対応する物理量は $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ が妥当であり、かたさ嗜好尺度と $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ はおおよそ2次の関係にある。

(ii) はねかえり感覚尺度と対応する物理量は $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ が妥当であり、はねかえり嗜好尺度と $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ はおおよそ2次の関係にある。

(iii) 振動の減衰感覚尺度と対応する物理量は T_{vD} あるいは $\log T_{vD}$ が妥当であり、振動の減衰嗜好尺度と T_{vD} あるいは $\log T_{vD}$ の間には明確な関係はないが、しいていえばおおよそ1次の関係にある。

但し、 U_F : 床の変形エネルギー (Kg-cm)

D_R : 床の振動の最大振幅 (1/100 mm)

T_R : 床の振動の最大振幅時のみかけの半周期 (1/100 sec)

T_{vD} : 床の振動の振幅が 20/100 mm まで減衰するのに要する時間 (1/100 sec)

7. 6.の結果をもとにして、総合嗜好尺度と物理量の関係を重回帰分析法を用いて分析した結果、弾力性に関する総合嗜好尺度 (y) は床の物理量を用いて高い精度で次式のように表示できることを究明し、これらを弾力性に関する総合嗜好尺度推定式つまり弾力性の評価式として提示した。

$$\begin{aligned} y_{BAD} = & 0.3976 - 0.0168 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) + 0.0843 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} \\ & - 0.0018 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 23.26)^2 \\ & - 0.0031 (D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 10.13)^2 \end{aligned} \quad \text{———— (I)}$$

$$\begin{aligned} y_{BAS} = & 0.5726 - 0.0245 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) + 0.0829 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} \\ & - 0.0013 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 23.26)^2 \\ & - 0.0034 (D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 10.13)^2 \end{aligned} \quad \text{———— (II)}$$

$$\begin{aligned}
y_{VOL} = & 0.2199 - 0.0160 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) + 0.0688 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} \\
& - 0.0016 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 23.26)^2 \\
& - 0.0016 (D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 10.13)^2 \quad \text{—— (III)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_{B \cdot B \cdot V} = & 0.4036 - 0.0192 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) + 0.0793 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} \\
& - 0.0016 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 23.26)^2 \\
& - 0.0028 (D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 10.13)^2 \quad \text{—— (IV)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_M = & 0.1351 - 0.0103 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}) + 0.0649 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} \\
& - 0.0011 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 23.26)^2 \\
& - 0.0020 (D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 10.13)^2 \quad \text{—— (V)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{但し, } & \left. \begin{aligned} U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} &\leq 40 \\ D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} &\leq 38 \\ T_{V.D} &\leq 36 \end{aligned} \right\} \quad \text{—— (VI)}
\end{aligned}$$

(単位は 6.(ロ)と同じ)

* y_{BAD} : バドミントン競技における総合嗜好尺度

y_{BAS} : バスケットボール " " " "

y_{VOL} : バレーボール " " " "

$y_{B \cdot B \cdot V}$: バドミントン, バスケットボール, バレーボール 各競技を
一緒にしたときの総合嗜好尺度

y_M : 一般男子の総合嗜好尺度

8. 体育館の床の弾力性をつぎのように定義した。

『体育館の床の弾力性とは, 床のかたさおよび床のはねかえりの使用感上の要素が複合されたものであり, その評価は (I) 式 ~ (VI) 式による』

9. (I) 式 ~ (V) 式より弾力性の最適値と最適値を具現する床の物理量の値を提示した。

10. 弾力性の評価式を用いて, 実存する体育館の床の弾力性の評価値を求め, 最適値にくらべ評価値の低い床が数多くあること, 今後改善すべき点が数多くあることを指摘すると

もに、弾力性の観点からの体育館の床の設計指針を提示した。
II. 本研究をとおして、“人間とのかかわり合いにおける建築材料および建築構成要素の性能評価”の分野におけるひとつの研究方法を確立した。

謝 辞

本論文は、昭和41年から昭和49年まで東北大学および東京工業大学において奉職しながら研究を継続した成果をまとめたものである。

この分野の研究例・参考文献が非常にすくなく、試行錯誤的に研究を進める手段しかなかつたなかで、つねに自由な研究の場をつくつていただくとともに終始一貫して御指導と叱咤・激励をいただきました恩師・吉岡丹先生（東工大教授）に心から感謝致します。

また、東北大学においては、栗山寛先生（元東北大学教授、現日大教授）、平井和喜先生（東北大助教授）、東京工業大学においては、原田有先生（元東工大教授、現神奈川大学教授）、小林啓美先生（東工大教授）、仕入豊和先生（東工大助教授）、小池迪夫先生（東工大助教授）の御指導・御便達をいただき、論文をまとめるにあたりましてはさらに多くの先生がたに貴重な御教示・御意見をいただきました。深く感謝致します。

実験装置の製作・実験・検査・整理には大塚昭作先生（東北大技官）、渡辺正朋氏（東北大助手）、高橋誠先生（東工大助手）、野崎喜嗣氏（元東工大助手、現武蔵工大講師）、川村清志氏（東工大技官）、ならびに東北大建築材料学研究室、神奈川大原田研究室、東工大吉岡研究室に在籍された学生・大学院生・研究生および東工大建築実験工場の皆様の御協力をいただき効率よく研究を進めることができました。厚く御礼申し上げます。

最後に、被験者あるいは検査員としてよく御協力いただいた多くのかたがたに感謝して謝辞と致します。

〔参考文献〕

- 1) 「スポーツ80年史」 日本体育協会編
- 2) 「バスケットボール施設・用具・器具規格仕様書」
日本バスケットボール協会
- 3) 「床のかたさについて」 内田祥哉
日本建築学会研究報告 48号 1959
- 4) 「床材料の歩行感とその弾力性について」 吉岡丹
日本建築学会研究報告 48号 1959
- 5) 「各種床材料の弾力性測定装置の試作」 吉岡丹
日本建築学会論文報告集 63号 1959
- 6) 「床仕上材料の緩衝効果測定装置」 吉岡丹, 平井和喜,
ほか 日本建築学会論文報告集 号外 1965
- 7) 「床のかたさが人体に及ぼす影響について」 内田祥哉,
胡占星ほか 日本建築学会論文報告集 号外 1967
- 8) 「床のかたさが人体に及ぼす影響について」 内田祥哉,
胡占星ほか 日本建築学会論文報告集 号外 1968
- 9) 「床材の官能試験」 川村恵洋ほか
新潟大学農学部新潟農林研究 第22号別冊 1970
- 10) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 その1」
吉岡丹, 小野英哲ほか
日本建築学会論文報告集 号外 1966
- 11) 「The forces applied to the floor by the foot in walking」
F.C. Harper, W.J. Warlow, B.L. Clarke
National Building Studies Research Paper, 32, 1961
- 12) 「建築物床仕上材料の摩耗に関する研究」 吉岡丹
学位論文 1965
- 13) 「建築物内装工事における接着工法に関する研究」
今泉勝吉 学位論文 1966

- 14) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究—その2
吉岡丹，小野英哲ほか
日本建築学会論文報告集 号外 1966
- 15) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究—木造床の挙動について—」 後藤正孝，藤田彰
東北大学卒業論文 1967
- 16) 「Psychometric Methods」 by J.P. Guilford，秋重義治監訳
培風館
- 17) 「工業における官能検査ハンドブック」
日本科学技術連盟官能検査委員会編著
- 18) 「Scheffeの対比較法の一変法」 中屋澄子
日科技連 第11回官能検査大会報文集 1970
- 19) 「シエツフ工法の数理と適用事例—塗料—」 太田
日科技連第1回官能検査シンポジウム発表予稿集 1971
- 20) 「Scheffeの方法によるコーヒーに対する砂糖の最適添加量の推定」 伊藤
日科技連第1回官能検査シンポジウム発表予稿集 1971
- 21) 「毛織物の官能量と物理特性について」 成瀬
日科技連第1回官能検査シンポジウム発表予稿集 1971
- 22) 「毛布の柔らかさと回復性」 古田穰
日科技連第1回官能検査大会シンポジウム 1960
- 23) 「綿ブロードの半ざわりの定量化」 小林茂雄ほか
日科技連 第6回官能検査大会報文集 1965
- 24) 「刃物の切味特性と定量化」 鴨下隆志ほか
精機学会秋季大会学術講演前刷 1972
- 25) 「騒音，振動，衝撃の影響と対策」
岡田晃，中村円生著 人間と技術社
- 26) 「生体振動論」 大島正光著 東京大学出版会
- 27) 「多変量解析法」 日科技連

本研究と関連した発表論文

- 1) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 (3)」
日本建築学会東北支部研究報告集. 7 1966
- 2) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 (1) —— 体育館の床の使用感調査による一考察, 特に緩衝効果について ——」
日本建築学会論文報告集 大会号 1966
- 3) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 (2) —— 体育館の床の緩衝効果測定装置の試作研究 ——」
日本建築学会論文報告集 大会号 1966
- 4) 「床仕上材料の緩衝効果 (3) —— 緩衝因子の検討 ——」
日本建築学会東北支部研究報告集. 11 1968
- 5) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 (4) —— 人間荷重の解析 ——」
日本建築学会東北支部研究報告集. 11 1968
- 6) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 (5) —— 人間荷重の解析 ——」
日本建築学会大会学術講演梗概集 1968
- 7) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 —— 測定方法について ——」
日本建築学会東北支部研究報告集. 13 1969
- 8) 「床仕上材料の緩衝効果に関する研究 —— 歩行知覚に関する検討 ——」
日本建築学会東北支部研究報告集. 13 1969
- 9) 「体育館の床の緩衝効果に関する研究 —— 人間荷重の置換及び床の動的変形の測定 ——」
日本建築学会大会学術講演梗概集 1969
- 10) 「体育館の床の弾力性に関する研究 (その1) —— 運動競技者が体育館の床にあたる荷重の解析 ——」

- 日本建築学会論文報告集 181号 1971
- 11)「体育館の床の弾力性に関する研究(その2) —— 体育館の床の弾力性測定装置の設計・試作 ——」
- 日本建築学会論文報告集 187号 1971
- 12)「体育館の床の弾力性に関する研究(その3) —— 体育館の床の使用感調査および弾力性測定実験 ——」
- 日本建築学会論文報告集 188号 1971
- 13)「体育館の床の弾力性に関する研究 —— 体育館の床の使用感調査 ——」
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 1971
- 14)「体育館の床の弾力性に関する研究 —— 体育館の床の弾力性測定 ——」
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 1971
- 15)「体育館の床の弾力性に関する研究 —— 使用感に関する官能検査 ——」
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 1972
- 16)「体育館の床のすべりに関する研究 —— すべりを対象とした人間荷重の解析 ——」
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 1973
- 17)「繰り返し高速度荷重による体育館の床の弾力性の経時変化測定装置の設計・試作」
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 1973
- 18)「体育館の床の弾力性に関する研究 —— 弾力性の使用感に関する心理学的尺度の構成 ——」
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 1974
- 19)「体育館の床の弾力性に関する研究 —— 弾力性の要素感覚尺度および要素嗜好尺度と物理量 ——」
- 日本建築学会大会学術講演梗概集 1974
- 20)「体育館の床の弾力性に関する研究 —— 弾力性に関する

総合嗜好尺度と床の物理量，弾力性の定義および最適弾力性 ——」

日本建築学会大会学術講演梗概集

1974

21) 「体育館の床の弾力性に関する研究(その4) —— 弾力性の使用感に関する心理学的尺度の構成 ——」

日本建築学会論文報告集 226号

1974

22) 「体育館の床の弾力性に関する研究(その5) —— 弾力性の使用感に関する心理学的尺度と床の物理量との対応および弾力性の評価式・最適値の提示 ——」

日本建築学会論文報告集 227号

1975