

平成元年度 農林水産省補助事業
日本住宅・木材技術センター事業

技術開発推進事業報告書

省エネルギー部材開発 (木造床組の標準化)

平成 2 年 3 月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

ま え が き

本事業は、木造の床組及び床張りが最近の建築構法の進展に馴染みにくく、適応性に欠けるものになってきているため、もう一度、木造床組構法のもつ特性を再確認し、最近の新しい構法の一環として、木材のもつ特性が活かされるような新しい床組構法を開発することを目的としている。

本報告書は、枠組壁工法床組に床仕上材として、中比重ファイバーボード、パーティクルボード、畳、フローリング、構造用合板（1～5枚）を張ったものと、コントロールとしての仕上材無の合計10タイプについて、重錘落下実験を行い、床の性能を取りまとめた。

最後に、本研究を推進して戴いた委員長をはじめ委員各位に対して、深甚の感謝の意を表するとともに、本研究の実施にあたっては、林野庁関係各位のご理解あるご指導を戴き厚くお礼申し上げる次第である。

平成2年3月

(財)日本住宅・木材技術センター
理事長 下川英雄

省エネルギー一部材開発委員会 名簿

委員長	今泉 勝吉	工学院大学 工学部 教授
委員	金谷 紀行	農林水産省林野庁森林総合研究所 研究情報科長
〃	有馬 孝禮	東京大学 農学部 助教授
〃	佐藤 雅俊	建設省建築研究所第2研究部 有機材料研究室 主任研究員
〃	大塚 毅	工学院大学 工学部 助手
〃	加藤 章司	加藤章司設計事務所 所長
幹事	倉田 久敬	(財)日本住宅・木材技術センター 試験研究部長
〃	諏訪 勝志	(財)日本住宅・木材技術センター 研究員

(以上 順不同 敬称略)

目 次

§ 1 はじめに	1
§ 2 目的	2
§ 3 試作機の製作	3
1. 試験機の概要	
2. 試験機の設置方法	
3. 使用計測機器	
4. 試験機の特長	
§ 4 実 大 実 験	10
1. 実験概要	
2. 試験体	
3. 実験結果・考察	
§ 5 他の評価法との比較	22
§ 6 おわりに	27
§ 7 付 録	28

§ 1 はじめに

流通から加工・施工に至る省エネを考え、新しい床組の開発を目指したこの部会も、種々の住宅に対する社会的要求の変化や床の性能評価の問題が絡み、「良い床」の特性値と評価方法の追及に変化して今日に至っている。また、感覚的な評価が機械的なものに変換する傾向の中で、この部会は、「感じるのは人自身で、機械ではない。」を基本として、人体感覚によって床組や一部の仕上げを含めた種々の床に対してマイスターの感覚曲線と建築学会の耐震設計資料集を参考に、木造床に適用できる評価図と評価式を求めた。

しかし、この実験の基準値は、大学生50人のアンケートにより決まっはいるが、客観性に欠け、しかも実験中にも感じ方の変化が見られ、実験後のデータ分析に多くを費やすなど以下の問題が、明かになった。

- ① 判定した母集団数が偏っていることと、数が少ない
- ② 年度毎の実験値に多少の差がある
- ③ 時間と労力がかかる（多人数を要す）

本年度の計画は、評価の客観性を求めるため、以前の実験と結果を活かした試験方法を開発し、実験と評価の簡略化を図ることである。

8.2 目的

前述の計画を遂行するため、簡略な試験方法とそれに使用する試験機の試作とその特性および 2、3 の実際の床実験を行ない、試験方法の妥当性と試験機の適性を検討することを目的とする。

検討項目

(1) 試験機の試作

振動と感覚の評価が人体感覚をよく再現し、持ち運び・操作・結果の評価が、容易な試験機とする。

(2) 試験機の特性実験

試作機の試験方法・改良などの検討と特性値と床との関係及び来年度の本格的実験に向けての準備

(3) 既存の床を試験しながら、試作機の使い勝手と改良点の検討及び試験機の

特性値を求め、実際の床との関係をつかむ。

(4) 木造床の心理尺度的性能評価法の適性検討

小野博士（東工大）、増田博士（京大）の尺度との比較を含め、評価法および評価値の幅広い検討を行なう。

§ 3 試作機の製作

1. 試験機の概要

試験機は「今までの実験結果を良く再現し、持ち運び・操作性・結果の解析が容易なこと」を考慮する。

- ① 衝撃荷重：衝撃力の検討（衝撃力と緩衝効果）
- ② 加 速 度：床の振動特性（振動数と減衰、振動感覚）
- ③ 変 位：床のたわみと反発力（曲げ剛性と弾力、振幅と運動感覚）
- ④ 衝 撃 音：床仕上げ材と音特性（床の表面固さと運動感覚）

上記のほか、実験場の広さや高さおよび床組と仕上げ材などの組み合わせにより、力積を変化出来るように、写真-1の構造とした。

本体は、大型カメラの三脚を改造し、エレベータ部分と三脚の伸縮で正確な落下高さを、錘りは、2 tonの荷重計（ロードセル）とその治具などで
5. 3 kgになっている。

本体：

ベルボン
mark-7 SV

ロードセル：

共和電業
圧縮引張両用

上の円盤は、
非接触変位計の
反射板である

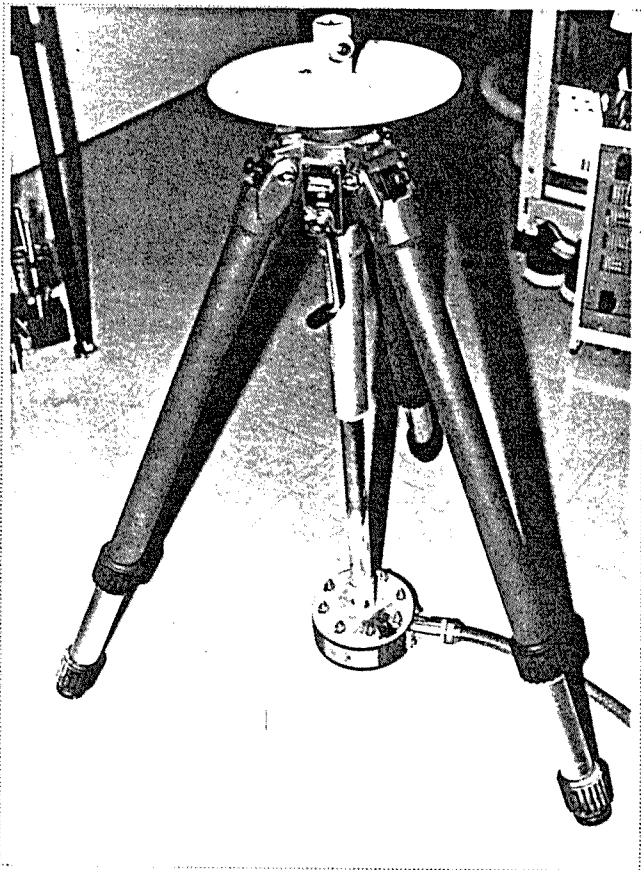


写真-1 試験機本体の写真

2. 試験機の設置方法

試験機の設置は、試験床位置にロードセルの中心をセットし、エレベータ下部の床面からロードセルまでの落下高さが 30 cm になるよう調節する。

加速度計は、ロードセル取付治具面と落下位置近傍 (5 cm 以内) 床面に固定する。非接触変位計は、今回のように実験室の場合は鉄骨で組立た不動点に固定したが、実際の建物では、伸縮自在の鉄製パイプの床面側先端に丈夫なバネを取付け、天井面を固定点として天井から非接触変位計までの距離が一定になる方法で計測する。また、衝撃音は、落下位置から 45 度の上方 80 cm 離して設置した騒音計 (NA-20) により計測する。

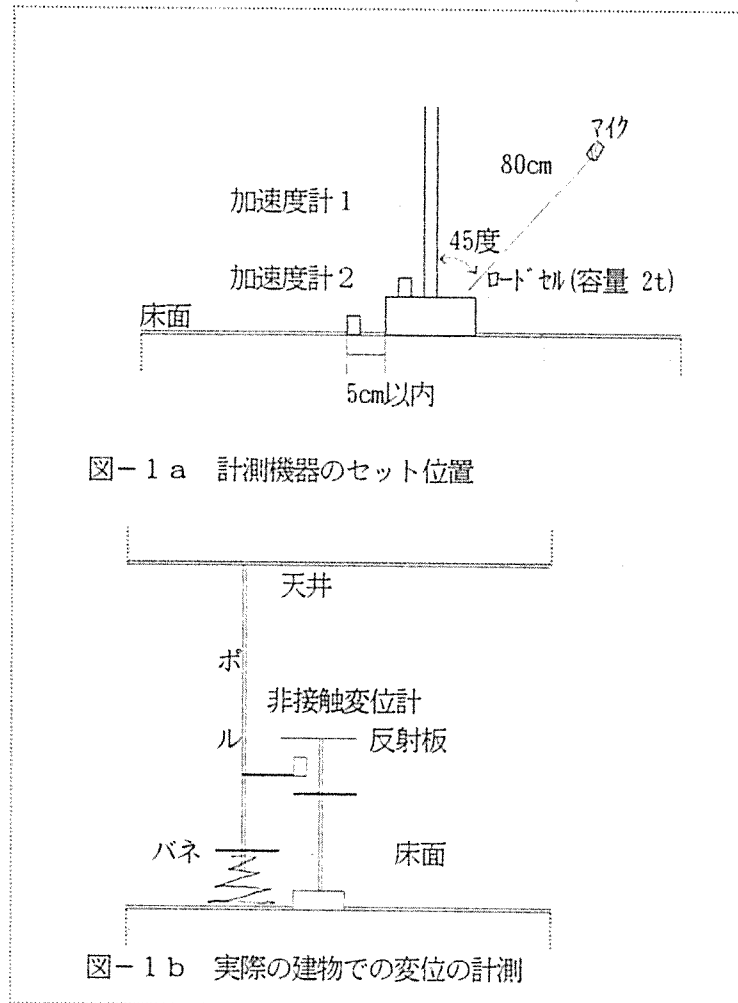


図-1 試験機の設置と計測センサーの取付方法

また、試験機と計測機器センサーの取付状況を写真-2に示す。

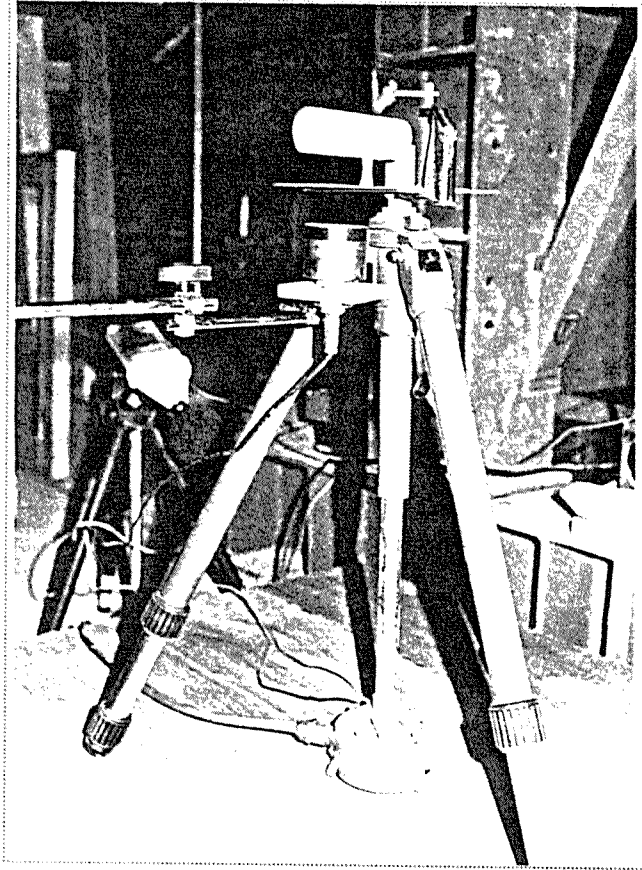
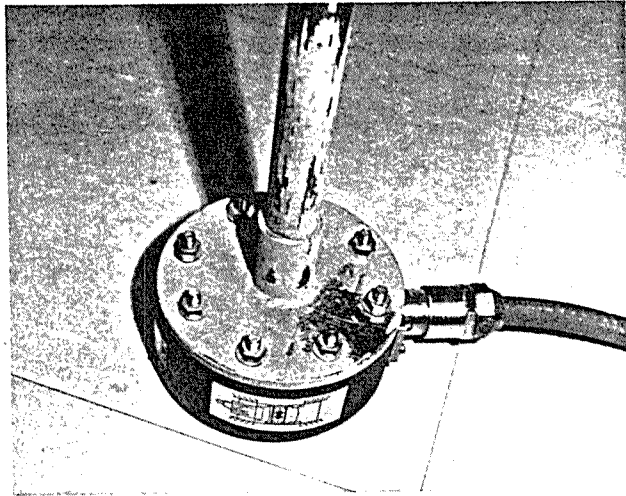


写真-2 計測センサー設置方法

両面テープとゴムテープでロードセル上面治具に止められた加速度計と床面に貼られた加速度計、別の三脚に固定された騒音計、および非接触変位計の設置状況がわかる。

3. 使用計測機器



ロードセル先端には
衝撃を伝える突起と
試験時に床に傷を付
けないように天然ゴ
ムの平板が貼られて
いる。

写真-3 ロードセルと取付治具

非接触変位計
は、25mmを
使用している

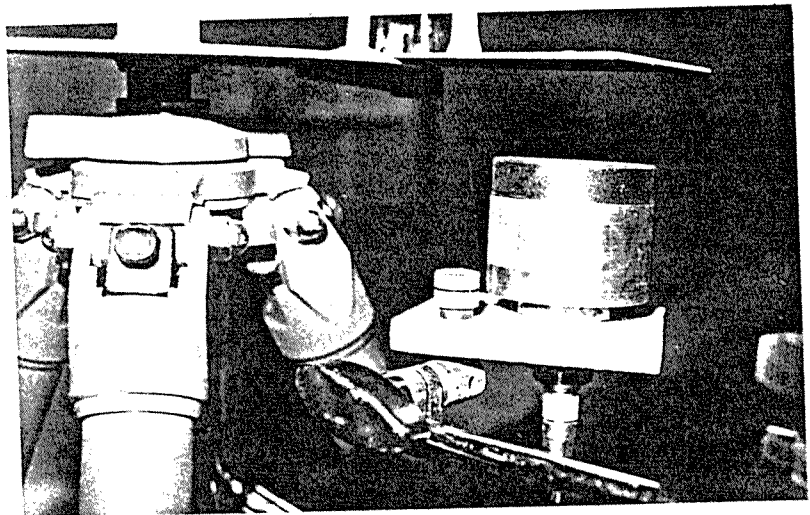
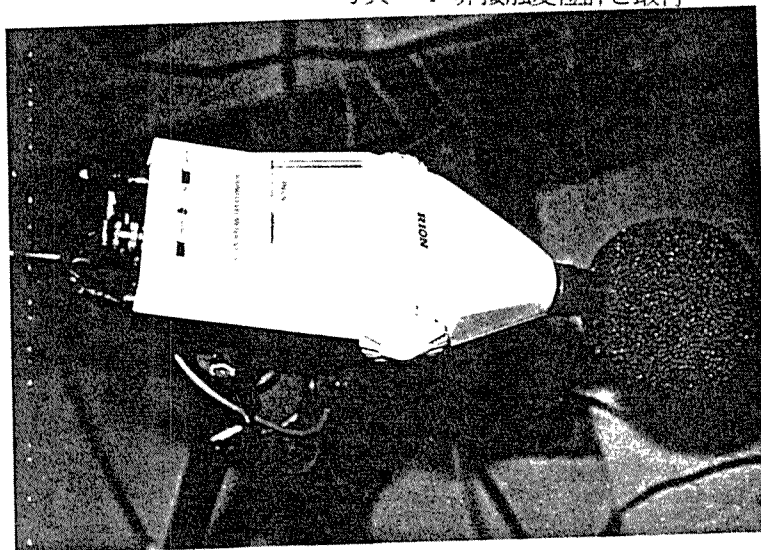


写真-4 非接触変位計と取付



フィルターは
騒音測定時と
同様Aを使用

写真-5 騒音計と取付

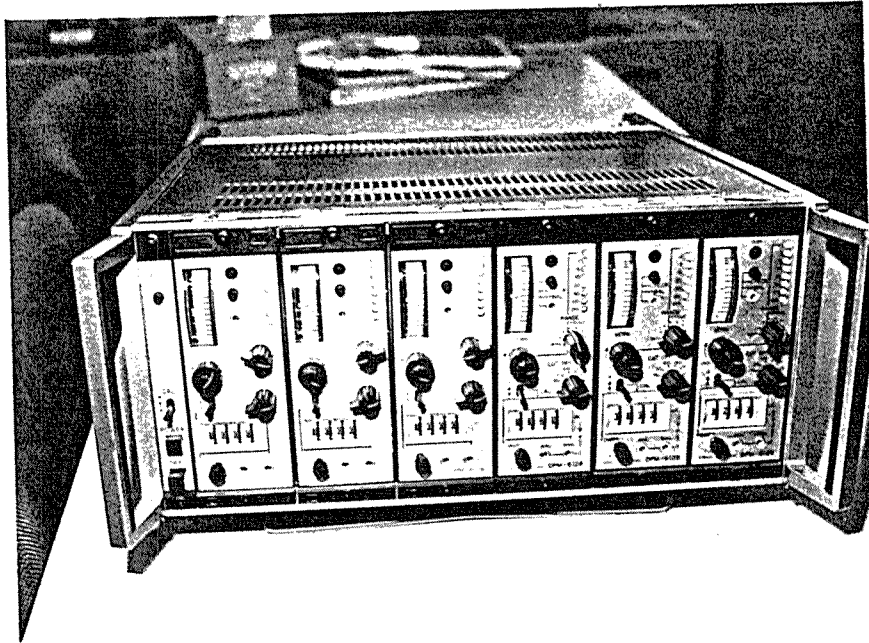


写真-6 ダイナミックストレインメーター

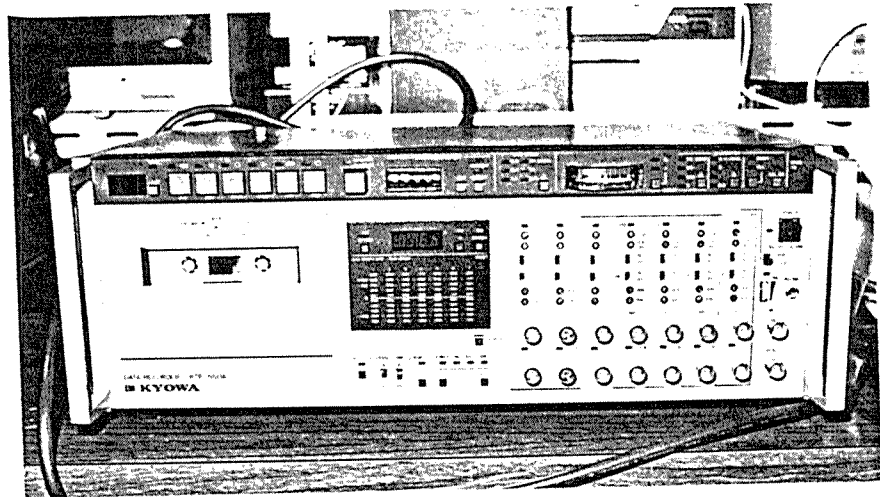


写真-7 アナログデータレコーダー

4. 試験機の特徴

短期間で十分な実験は出来なかったが、単純な構造のため実験値のバラツキもそれほど大きくなく、2、3の改良をすれば、誰でも簡単に検査機として利用可能なことが分かった。

改良点

① 三脚の反動による飛び上がりの防止

コンクリート床では、この現象は無かったが、木造床では

2 mm～5 mmの値を示すものあり。砂袋のおもし必要。

② 錘の自動落下装置の開発

錘を持ち上げた時の力みと震えや試験者の体重差の影響を取り

除き、始動の立ち上がりを円滑にする。

③ 変位の計測方法

実際欲しい変位は、床面からの沈みと反発高さであるが、応答

性の問題から非接触変位計を使用している。測定範囲 5 cm

応答周波数50 Hzの取り扱いの簡単な変位計にする。

(できれば光センサーの変位計にしたい)

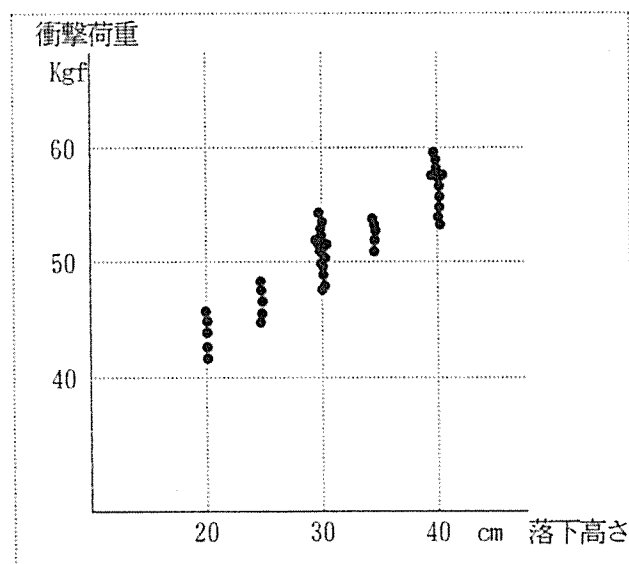


図-2 試験機の荷重分布

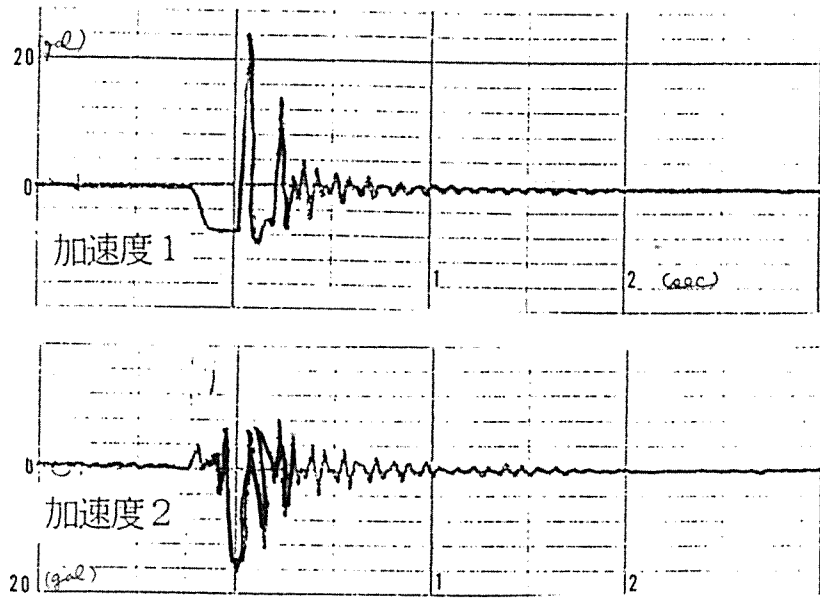


図-3 加速度波形

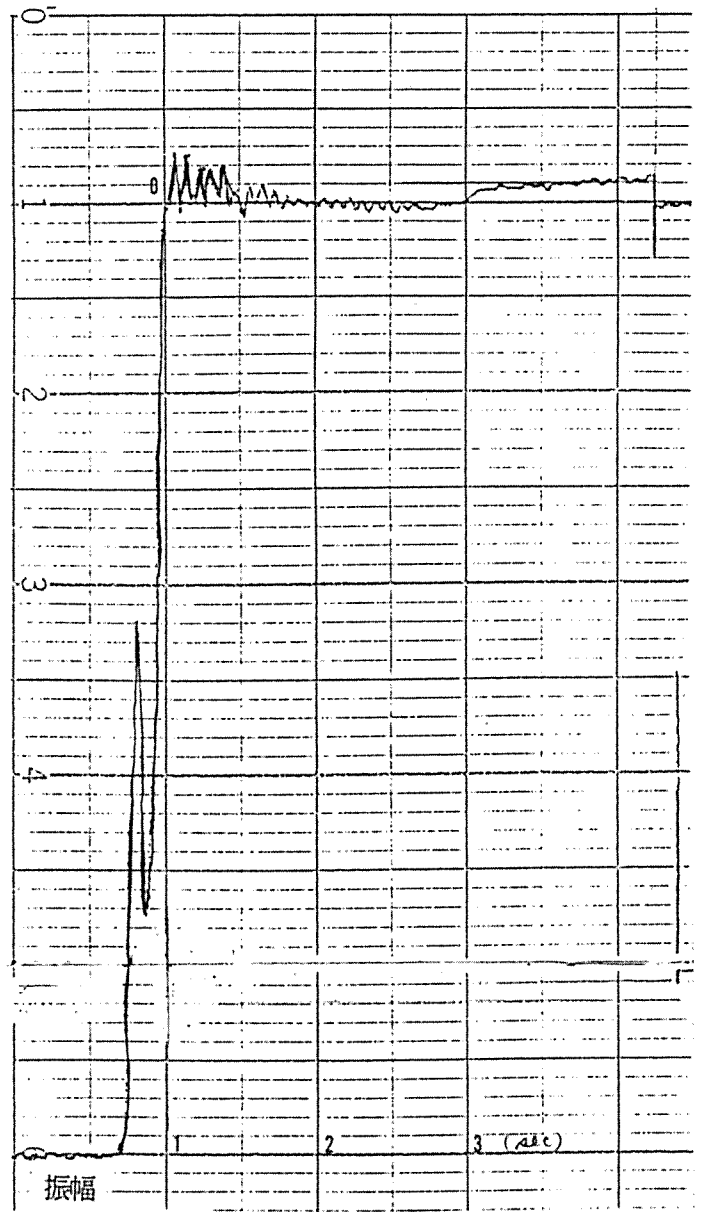


図-4 変位曲線

§ 4 実大実験

1. 実験概要

前述の試験機を使用して、実際の床の衝撃による荷重、加速度、沈み変形、反発高さおよび衝撃音を計測する。図-5にブロック図を示す。

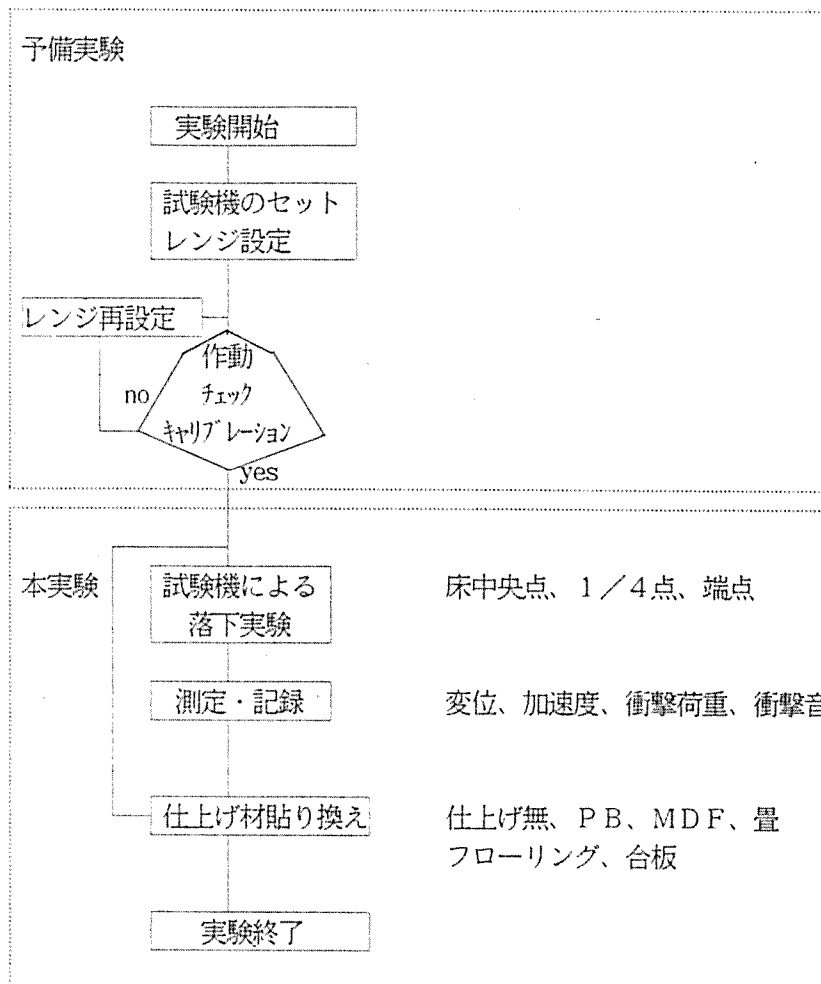


図-5 実験ブロック図

2. 試験体

試験体は、以前のデータと比較するため、実大床で残っている標準的樹種・断面施工によるツーバイフォー床組を利用する。（この床組は、前年度利用したものであるが、苛酷な実験を繰り返し、しかも固定も多少異なることを考慮しなければならない。） 仕上げ材は、MDF、PB（いずれも厚さ18mm）、畳、フローリングおよび仕上げ無の5種のほか、構造用合板（厚さ9mm）1～5枚の10タイプである。

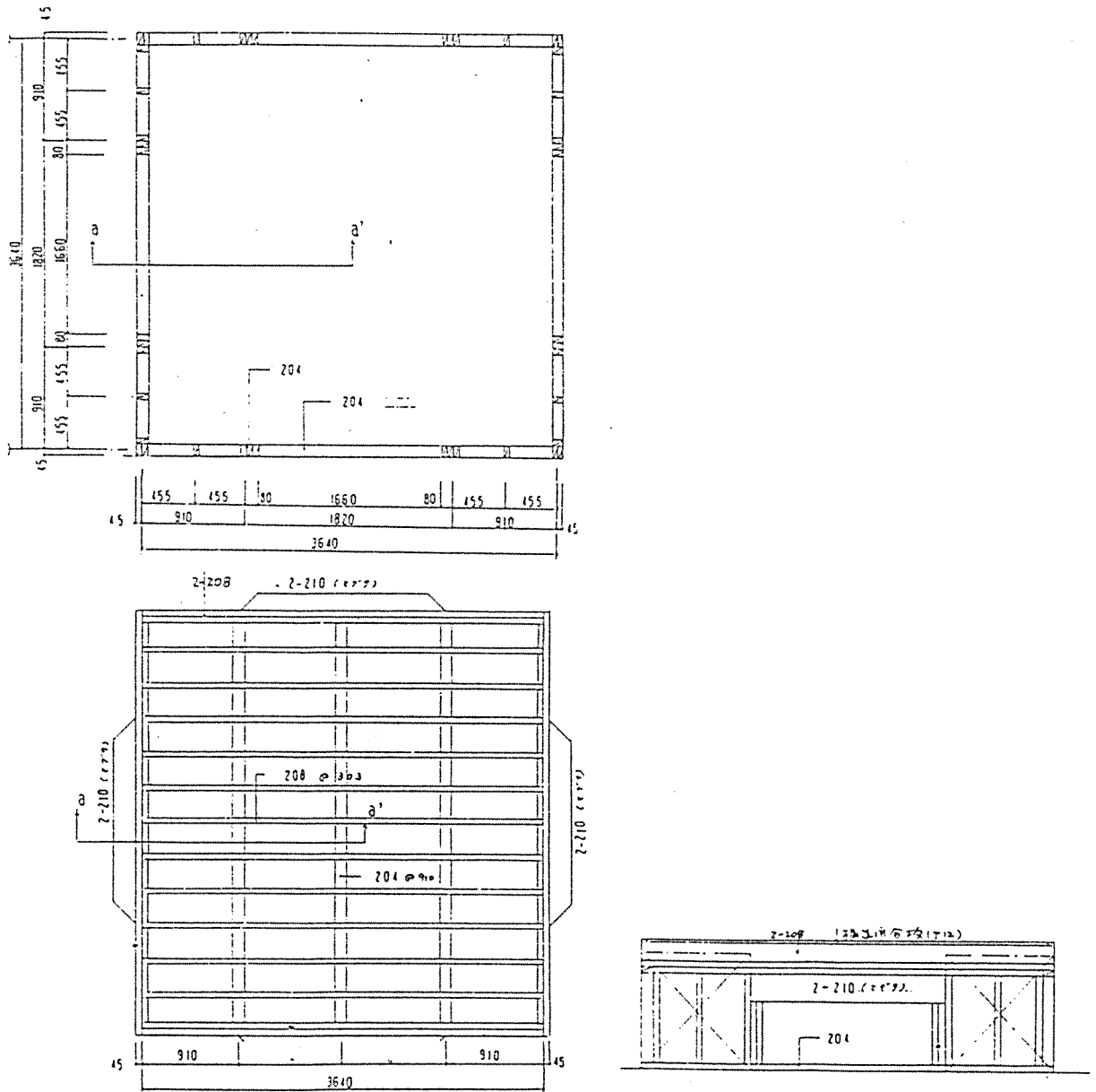


図-6 ツーバイフォー床組試験体図

3. 実験結果・考察

アナログレコーダーに記録されたデータをペンレコーダーで出力し、読み取った値を表-1に示す。

表-1 各試験体の実験値

	荷重 (kgf)	加速度 1 (g)		加速度 2 (g)		変位 (mm)		衝撃音 (db) A	
		落下	反発	落下	反発	たわみ	反発高		
ツバ イォ 落下台 712	52	0.06	0.04	0.02	0.01	0.05	2.5	108	
		0.04	0.03	0.02	0.01	0.05	2.6	110	
		0.05	0.03	0.02	0.01	0.05	2.6	114	
P B 718mm	52	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02	2.9	110	
		0.04	0.03	0.02	0.01	0.02	2.9	109	
		0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	3.0	110	
M D F 718mm	52	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	2.8	112	
		0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	2.6	113	
		0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	2.7	112	
70-リング 712mm	52	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	3.7	113	
		0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	3.7	115	
		0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	3.9	115	
タタミ 765mm	46	0.04	0.02	0.01	0.01	0.11	5.1	87	
		0.04	0.02	0.02	0.01	0.09	5.2	86	
		0.04	0.02	0.01	0.01	0.09	5.0	86	
合板 79mm	1枚	52	0.05	0.02	0.02	0.01	0.07	3.7	120
	2枚		0.05	0.02	0.02	0.01	0.04	3.5	118
	3枚		0.06	0.04	0.03	0.01	0.02	2.1	118
	4枚		0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	1.9	109
	5枚		0.07	0.06	0.04	0.02	0.01	1.7	104

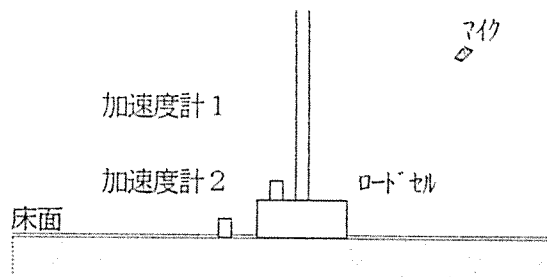


図-7 表の物理量の意味

荷 重：ロードセルで計測した衝撃荷重

加速度計 1：落下重錘の加速度

加速度計 2：重錘端部より 5 cm 以内の床面の加速度

変 位：たわみ=衝撃による床のたわみ
反発高=床面に衝突した後の重錘の反発高さ

衝 撃 音：騒音計 (フィルター A) による衝突時の音の大きさ

また、ADコンバーターによりデジタル化の後、FFT解析のグラフ(図-8)

から、仕上げ材の固有振動数を求めると表-2となる。

表-2 固有振動数

仕上げ材の種類	加點	固有振動数 (Hz)		
		一次	二次	三次
仕上げ無	中央	10.90	20.20	29.20
	1/4	12.70	22.50	35.50
	端点	12.50	22.30	-----
畳	中央	7.50	15.50	32.20
	1/4	7.80	15.60	33.60
	端点	7.30	15.60	-----
絨毯	中央	11.50	21.60	35.30
	1/4	11.30	22.10	33.50
	端点	11.50	20.80	33.70
フローリング	中央	17.60	33.50	45.80
	1/4	17.50	31.30	44.50
	端点	17.80	31.60	44.70

1ドット=1.95Hz

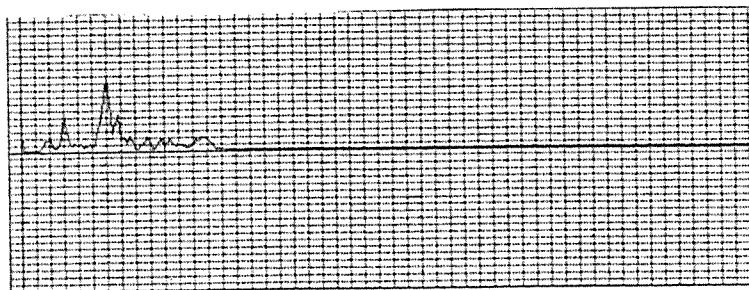
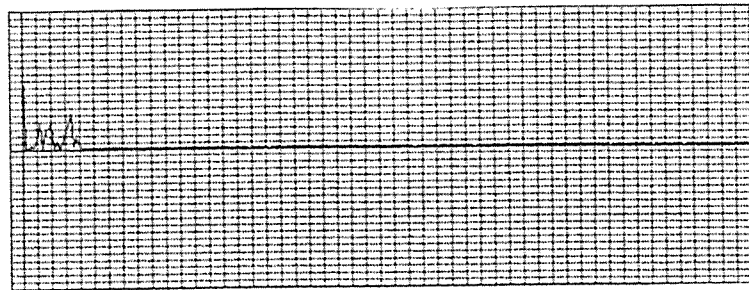
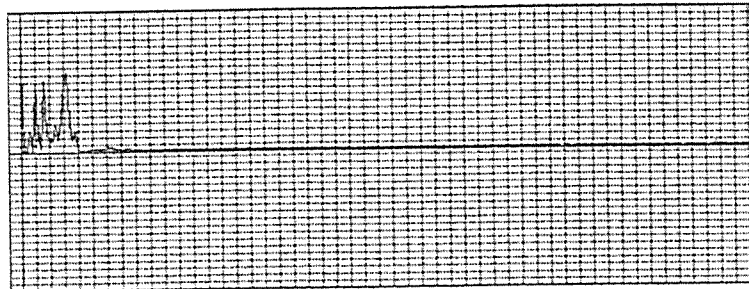


図-8 各床組のパワースペクトル

尚、昨年の同試験体のデータを参考の為、表-3、4に掲載する。

表-3 昨年の動特性(1) 振幅 (mm)

床組	仕上げ材	部位	砂袋	タイヤ	ジャンプ			駆け足			歩行		
					素足	スニーカー	革靴	素足	スニーカー	革靴	素足	スニーカー	革靴
ツ1	仕上げ無	床板	3.04	1.98	2.20	2.17	2.23	1.86	1.85	1.90	0.52	0.51	0.53
		根太	2.99	1.86	2.18	2.18	2.19	1.80	1.78	1.85	0.50	0.48	0.50
	畳	床板	3.10	2.00	2.19	2.20	2.20	1.88	1.86	1.90	0.52	0.50	0.53
		根太	3.00	1.99	2.21	2.20	2.22	1.86	1.86	1.88	0.51	0.50	0.55
ファイフ	絨毯	床板	3.35	2.24	2.24	2.22	2.24	1.90	1.89	1.91	0.55	0.53	0.57
		根太	3.18	2.20	2.23	2.20	2.22	1.89	1.90	1.90	0.55	0.54	0.55
	フローリング	床板	2.96	1.88	2.12	2.10	2.12	1.65	1.63	1.66	0.48	0.47	0.50
		根太	2.91	1.80	2.03	1.94	2.10	1.60	1.58	1.63	0.45	0.45	0.45

表-4 昨年の動特性(2)

床組	仕上げ材	部位	固有振動数			減衰定数	加速度 (g)
			一次	二次	三次		
ツ1	仕上げ無	床板	11.70	19.50	25.35	0.04	0.02
		根太	11.70	19.50	27.30	0.06	0.03
ファイフ	畳	床板	7.80	15.60	42.90	0.06	0.02
		根太	15.60	23.40	-----	0.04	0.02
ファイフ	絨毯	床板	11.70	23.40	35.10	0.03	0.02
		根太	11.70	23.40	-----	0.04	0.02
ファイフ	フローリング	床板	13.65	19.50	33.15	0.03	0.03
		根太	19.50	27.30	39.00	0.02	0.03

今回の実験は、1種類の床組に仕上げ材を変化させた短期間であったが、データを見るかぎり、第一の目的である試験機の試作と特性値の実験は果たされた。実験結果をまとめると次のようになる。

(1) 衝撃荷重について

衝撃荷重の大きさは、衝突面の材質により決まり、多少の剛性差には影響されない。今回の実験では、大きく異なる材質は(木質)合板と畳の2種類であったが、畳は他の仕上げ材の88%と小さく、緩衝効果のあることが分かる。材質(仕上げ材)や剛性差と衝撃荷重との相関を明確にする必要がある。

(2) 加速度について

本実験では、重錘に取り付けた加速度計1と床面に取り付けた加速度計2を計測している。これは、衝撃とその応答との間の相関や仕上げ材により衝撃緩衝効果を定量化するために行なったものである。

1) 落下時と反発時の比較

畳の落下時と反発時の加速度差は 1 : 0.5 と小さく、緩衝効果や波形サイクルの長さなどからエネルギー吸収効果の大きいことが伺える。仕上げ無は 1 : 0.7、一番固い合板5枚では 1 : 0.86 と、この差は小さくなる。これは、剛性の高い床や比重の大きい仕上げ材の特徴であり、この差の定量化と波形の包絡面積の関係等、各種床組と仕上げ材データの蓄積が必要である。

また、床面上の加速度は、同傾向を示すが、値は小さい。

2) 加速度1と加速度2との比較

この加速度差は、緩衝効果の大きさの指標として重要な値である。やば畳では、75%減と非常に大きく、合板5枚は25%減で、その他の仕上げ材は、30~50%減とこの間の値を取っている。

3) 昨年のデータとの比較

昨年の加速度は、床面の値しか計測していないのと、加振源が異なるが、加速度2と比較することが出来る。0.02~0.03gと良い一致を示している。

(3) 変位（最大振幅）について

合板1枚（厚さ9mm）、仕上げ無（合板12mm）、フローリング、合板2枚、PB・MDF、合板3枚、合板4枚以上と、ほぼ下地材を含めた仕上げ材の板厚順に小さく、ごく常識的結果が得られた。

しかし、畳だけは合板1枚より大きく、これは重量が大きいことも理由に挙げられるが、振幅量の約半分は畳材に原因していると思われる。軽く押しでも1mm近く沈むことが確かめられている。

仕上げ材が畳のような材質の場合、振幅計測は仕上げ材面と床組面では異なり、感覚的尺度を議論するには直接関係のある仕上げ材面の値が必要であることが分かる。力学的挙動を考慮して昨年とのデータ比較をみると、タイヤや砂袋（35kg）落下に近いが、本試験機の力積は、落下高さは同じであるが、重量は5.3kgと約1/7で小さく、直接議論することは出来ない。

しかし、振幅（変形）と床剛性との相関性は高く、実験値にも安定した特性を示すことが以前の実験からも分かっており、仕上げ材を含めた振幅のデータ蓄積が必要で、今後の研究を待たなければならない。

(4) 固有振動数

固有振動数は、砂袋より非常に安定しており、衝撃力が安定していることが同え、実験方法として有効であることが分かる。

仕上げ材別では、畳は質量分布などの関係から他の仕上げ材より低い振動数を示し、フローリングは自重の割りに床剛性を向上させ17Hzと高い値を、仕上げ材無と絨毯はほぼ同じ値で前記の2種類の中間的性質を示している。

(5) 衝撃音

衝撃音は今回の試験で初めて取り入れた方法で有るため、以前のデータとの比較は出来ないが、衝撃荷重と傾向的に似た特性を示し、畳とその他の仕上げ材 (110 db A) に分けられ、畳は約80%弱であった。

音の周波数特性は加振による振動数と良い一致を示し、振動特性実験の報告に良く利用されていることで理解できる。

また、衝撃音の大きさと高さは感覚的実験のデータに影響を与え、大きく高い音程、実験結果は悪い傾向を示すことも分かっている。

実際の感覚評価尺度には衝撃音のパラメーターを盛り込み、音の補正係数 (h_0) の導入が考えられなければならない。

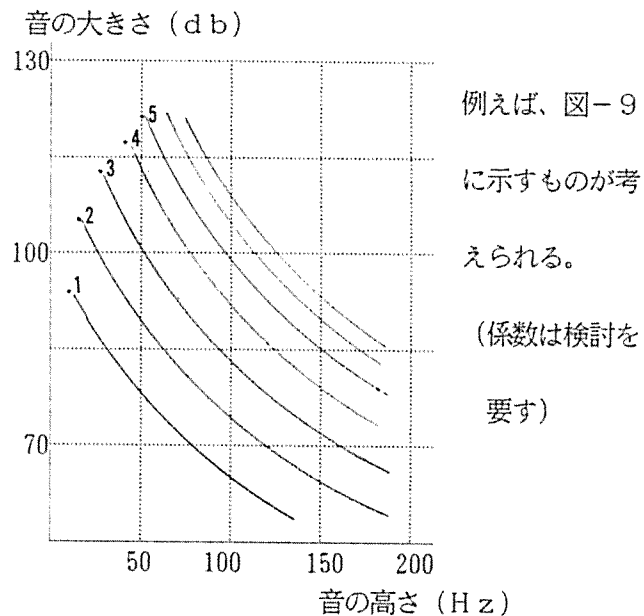


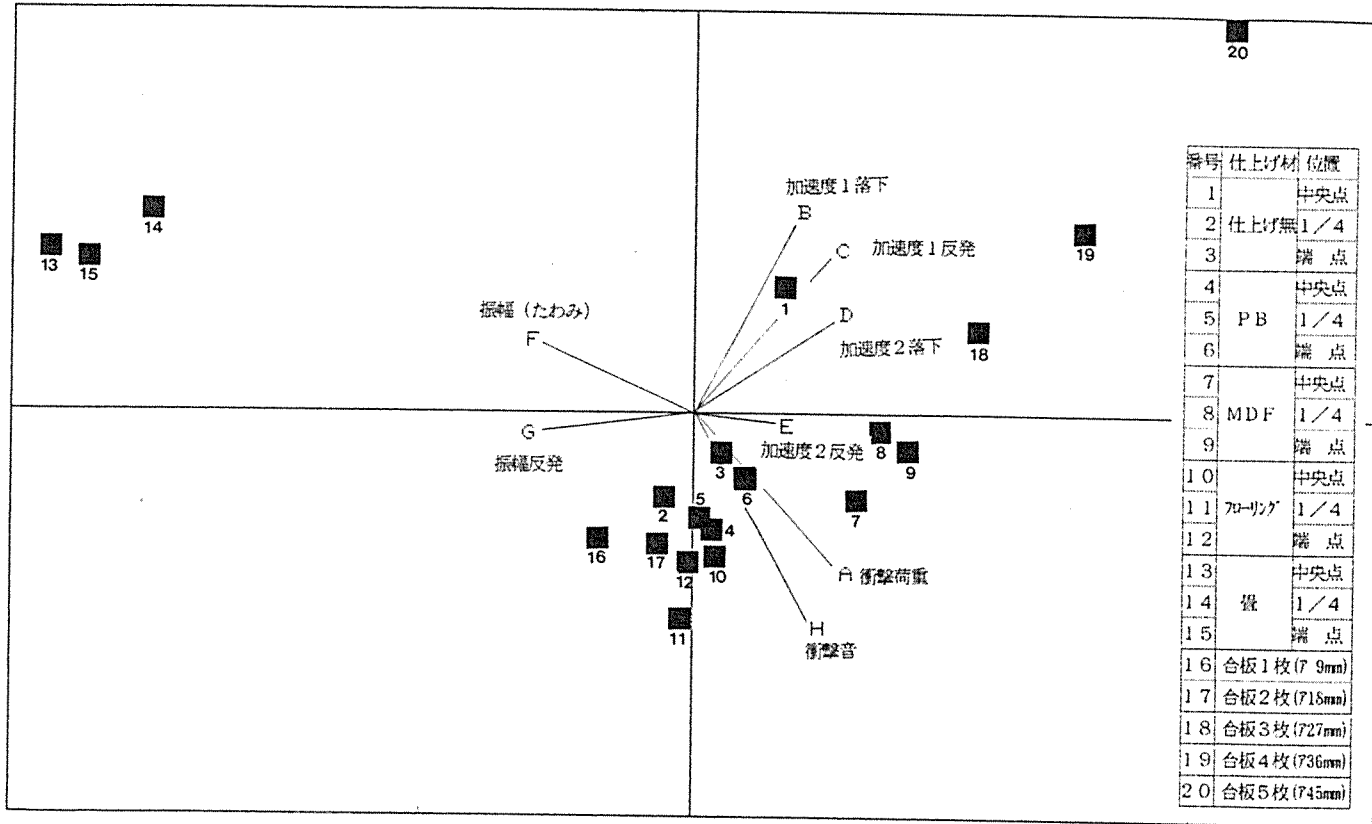
図-9 音圧の感覚尺度補正係数 (案)

また、現在衝撃音に対する問題は構法をはじめ、いろいろな分野に波紋を投げかけているが、固体音は別として、空気音に対してはこの試験で或程度の推測することも出来よう。

(6) 主成分分析による評価

感覚尺度の評価式を求めるため、以前から主成分分析（バイプロット法）

を適用して来たが、同様の分析結果を図-10に示す。



$$Y_1 = 0.385X_1 + 0.271X_2 + 0.366X_3 + 0.381X_4 + 0.233X_5 - 0.409X_6 - 0.422X_7 + 0.315X_8$$

$$Y_2 = -0.408X_1 + 0.512X_2 + 0.416X_3 + 0.256X_4 - 0.034X_5 + 0.183X_6 - 0.053X_7 - 0.543X_8$$

図-10 バイプロット法による主成分分析

これによると、衝撃荷重と衝撃音、加速度1・2および振幅に分れ、衝撃荷重のグループと振幅は負相関、加速度1・2とは無相関と以前の結果と同傾向を示している。

ただし、今までの振幅は床組面で計測したため、仕上げ材の緩衝効果を十分評価していたが、今回のように仕上げ材面で計測すると、仕上げ材の材質に左右され、畳などは大きな値を示し感覚的に不利と判定されている。

この試験法を採るならば、仕上げ材の特性ばかりでなくデータの特徴と感覚尺度の関係の見直しが必須条件になる。

例えば、コンクリート床など固い平面に置かれた仕上げ材に60kg（大人1人の平均体重）を載荷した時の基準たわみを振幅から差し引くなどの補正が必要である。

畳の基準値=0.8 mm

他の仕上げ材=0 mm

として同分析をすると

仕上げ材	振幅補正
畳	$H=h-h_{T0}$
絨毯	$H=h-h_{J0}$
...
...

H: 感覚振幅
h: 計測振幅値
 h_{-0} : 仕上げ材基準値

図-11となり、今ま

での結果とほぼ同評価となるのが分かる。

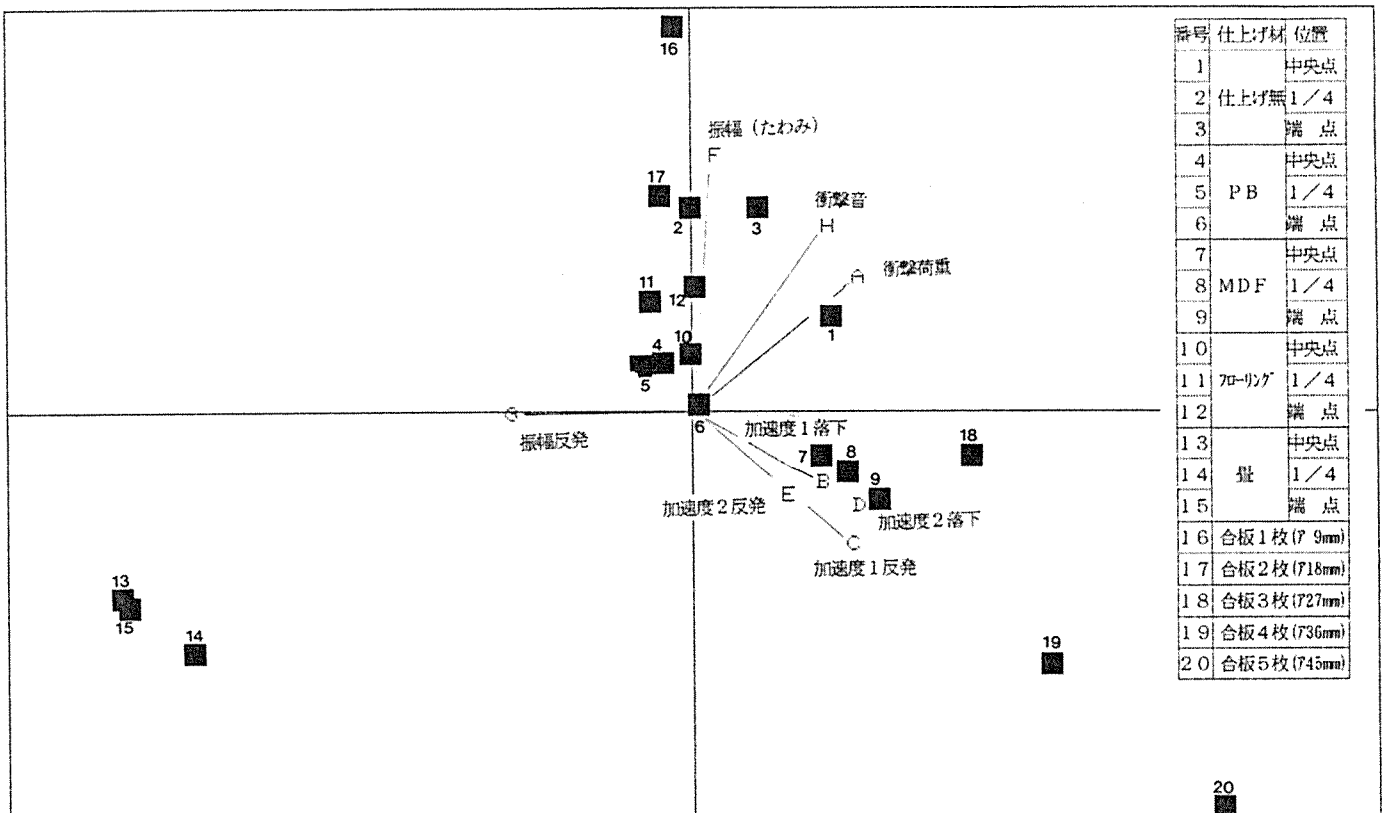
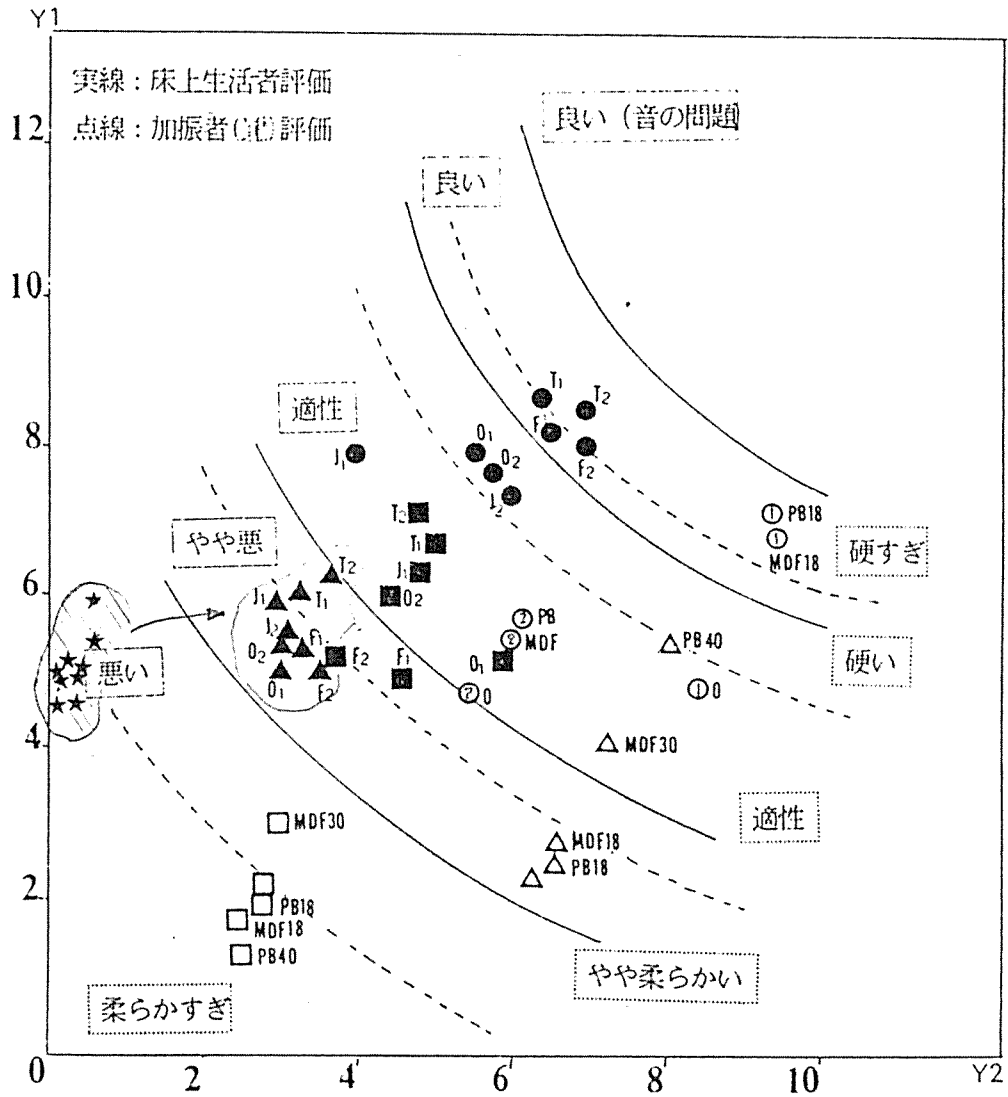


図-11 基準補正値を適用した主成分分析

(7) 試験結果と評価図との対応

昨年までに作成した評価図は、図-12に示す木造床の性能評価図である。この図は前述のように実験に無関係の学生50人と今までに床実験に参加した30人弱の約80人の感覚実験が基準になっている。



$$\star Y_1 = 0.566 X_1 + 0.576 X_2 + 0.562 X_3 + 0.007 X_4 + 2$$

$$\star Y_2 = 0.091 X_1 - 0.056 X_2 - 0.052 X_3 + 0.956 X_4 + 2$$

X_1 : 砂袋 X_2 : タイヤ X_3 : ジャンプ X_4 : 振動数

- : 在来1階
- : 在来2階
- ▲ : ツーバイフォー
- : 在来1・2階
- : 集成材根太床
- △ : 積層パネル床
- 0 : 仕上げ無
- T : 畳
- J : 絨毯
- F : フローリング
- PB : パーティクルボード
- MDF : 中比重ボード

★ 今回の試験結果

図-12 木造床の性能評価図

今回の試験結果から客観的評価を可能にするためには、図-12との対応を考えなければならないが、試験体数や仕上げ材の種類など判断基準となる試験データが少なく、本年度はアイデアに止めた。

評価のパラメーターは、衝撃荷重、振幅、振動数のデータとし、加速度1・2と衝撃音は仕上げ材表面の特性として補正係数的に利用する。

評価式 (案)

$$Y_1 = \alpha X_1 + \beta X_2 + \gamma X_3 + \varepsilon + C_1$$

$$Y_2 = \zeta X_1 + \eta X_2 + \kappa X_3 + \xi + C_2$$

Y_1 : 第一主成分

Y_2 : 第二主成分

X_1 : 衝撃荷重

X_2 : 振幅

X_3 : 振動数

$\alpha \sim \kappa$: パラメーター係数(ファジィ理論の統計)

ε, ξ : 加速度、音による補正係数

C : 定数

上式の係数を図-12との対応を考慮して決定すれば、以前の感覚的評価と試験機によるデータを結び付けることが可能である。

試みに対応させると、 $Y_1 = Y_1 / 10$ 、 $Y_2 = -Y_2 / 20$ とするとほぼ昨年度のツーバイフォー床組と一致することが分かった。

尚、パラメーター係数は、現在統計的手法によりある幅を持たせた適性範囲を求めているが、最近感覚など曖昧領域に頻繁に利用されているファジィ理論の適用を考慮中である。

§ 5 他の評価法との比較

現在報告されている木造床の歩行など日常生活・運動に対する評価法は、体育館の床評価に大きな実績を挙げられている吉岡丹博士・小野英哲博士（東京工業大学）、一般の木質床の緩衝性能と歩行感の評価法について述べられている増田稔博士（京都大学）、床のかたさと人体の影響を調べられた内田祥哉博士（東京大学）、仕上げ材の緩衝効果を調べられた平井和喜博士（東北大学）および川村恵洋博士（新潟大学）があるが、最近の小野博士と増田博士の結果との比較を行ない考察する。

(1) 居住性からみた床のかたさの評価方法———小野博士

この評価法は官能検査による心理学的尺度評価法と測定装置による評価法の2つに分れ、床の材料、構法、動作、履物など汎用性の高い評価を可能にしている。

表-5は床組と仕上げ材の組み合わせと検査要領を、図-13は尺度プロフィールを、図-14は測定器による床のかたさと最適値と許容範囲を示す。

表-5 官能検査要領一覧

No	試料の概要 (単位等)	大きさ(mm)	かたさ型寛		かたさ評価 (男性)				かたさ評価 (女性)			
			歩行	立位	かたさ評価		歩行感		かたさ評価		歩行感	
					歩行	立位	歩行	立位	歩行	立位	歩行	立位
1	バネ(120.8kg/cm)床+合板25+敷板4×2+合板25	910×910	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	バネ(32.8kg/cm)床+合板25+敷板4×2+合板25	910×910	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	黒天板(巻300)	合板15+フローリングボード15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	黒天板(巻600)	合板15+合板製系黒天板材3.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	黒天板(巻450)	合板12+合板製系黒天板材3.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6		合板9+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	黒天板(巻450)	フローリングボード15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8		合板12+フェルト4+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	黒天板(巻450)	合板12+フェルト4+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10		たたみ55	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	黒天板(巻450)	合板12+合板製系黒天板材3.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12		合板12+フェルト4+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	黒天板(巻450)	フローリングボード15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14		ゴム10+フローリングボード15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	黒天板(巻450)	クッション材21+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16		合板12+合板製系黒天板材3.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	黒天板(巻450)	フローリングボード15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18		クッション材21+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19	黒天板(巻450)	合板製系黒天板材3.5×2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20		ゴム10+合板15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
21	黒天板(巻450)	クッション材21×2+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
22		たたみ55	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
23	黒天板(巻450)	合板製系黒天板材3.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
24		フェルト4+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
25	黒天板(巻450)	クッション材11+フローリングボード15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
26		クッション材10+合板15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
27	黒天板(巻450)	ゴム10+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
28		クッション材21×2+カーペット10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
29	仕上げなし(黒天)	150×1800	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○: 採用した調査者 X: 採用しない調査者

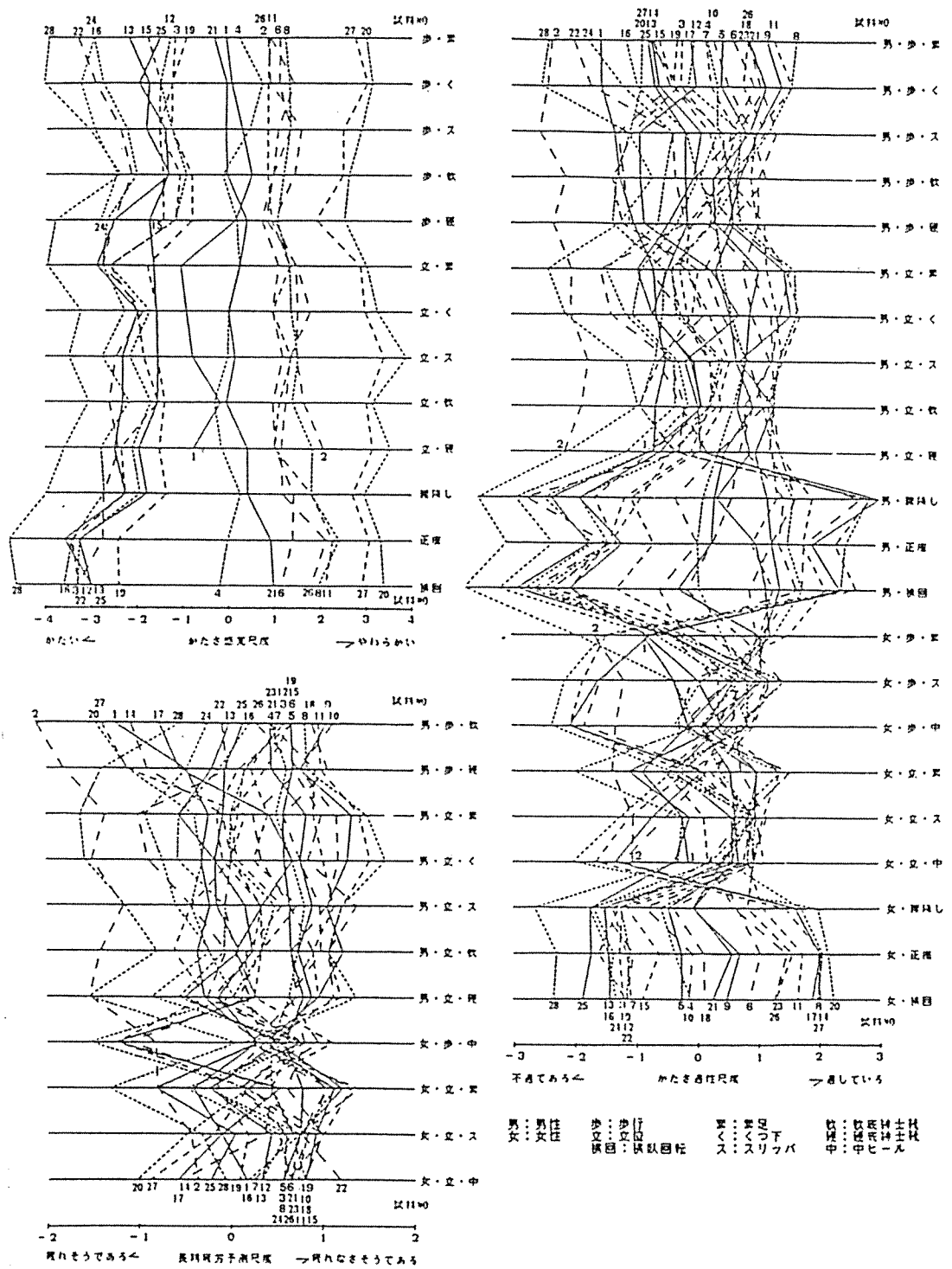


図-13 尺度プロフィール

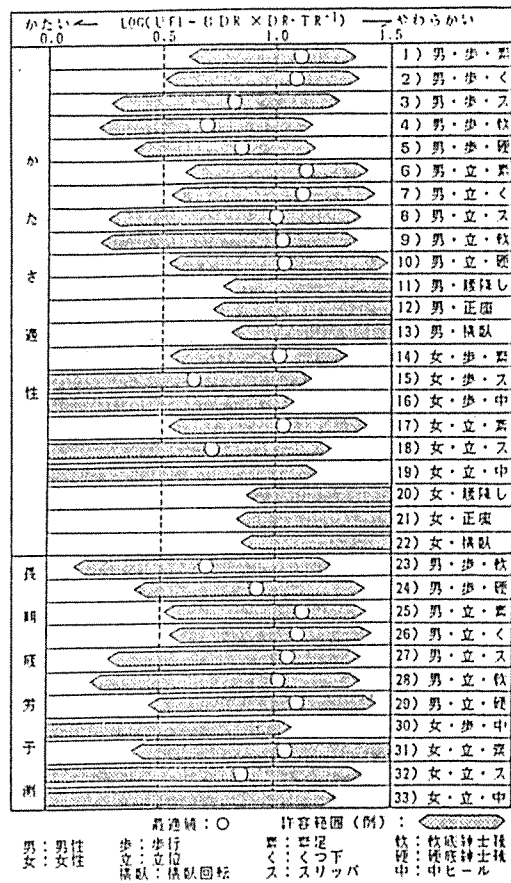


図-14 測定器によるかたさの範囲

これらの結果は多様化した木造床のかたさを長い期間の実験と統計学を駆使した理論的考察から汎用性のある評価方法にまとめた画期的な研究であり、高く評価されている。しかし、複雑な理論式と試験機のデータの関係は床の実感的評価を困難にして、「素直に納得できない」と言われている。

(2) 木質床の緩衝性能と歩行感の評価法——増田博士

この実験は表-6の各種落下物体と、図-15の床の種類で行なったものであり、歩きごち、硬さ、暖かさなどのイメージが床の物性値とどのような関係にあるかについて検討している。その結果、鋼円柱圧入硬さとの相関が高いことを示し、このパラメーターによる硬さの評価を提案している。しかし、この方法は、実際の床実験には傷や壊す恐れがあり直接使用できない欠点がある。

表-6 各種落下物体と衝撃係数と衝撃エネルギー吸収率

	質量 (g)	衝撃係数				衝撃エネルギー吸収率			
		合板床	合板床+ クッション	コンクリー ト床	コンクリー ト床+クッ ション	合板床	合板床+ クッション	コンクリー ト床	コンクリー ト床+クッ ション
1 ガラス球	34.3	2797	1517	-	-	.89	.95	.49	.94
2 ゴルフボール	42.0	1759	1144	-	-	.81	.92	.38	.84
3 鉄球	67.7	1687	1162	515	258	.94	.95	.49	.92
4 木球	83.0	1517	890	399	241	.93	.95	.62	.91
5 硬式野球ボール	147.4	683	595	167	145	.82	.87	.62	.79
6 ソフトボール	190.0	513	487	134	131	.73	.78	.59	.71
7 硬式テニスボール	57.0	445	455	-	-	.42	.48	.37	.40
8 軟式野球ボール	137.6	371	353	84	79	.50	.55	.44	.52
9 バレーボール	260.5	104	103	111	109	.31	.35	.26	.27
10 バスケットボール	617.5	92	92	114	109	.36	.39	.30	.32
11 自転車タイヤ	2130.	60	59	108	107				
12 自動車タイヤ	7600.	36	33	(84)	(85)				
13 サンドバッグ	14340.	8.5	8.4	(40)	(39)				

落下高さ 40cm での値。カッコ内は高さ 5cm での値

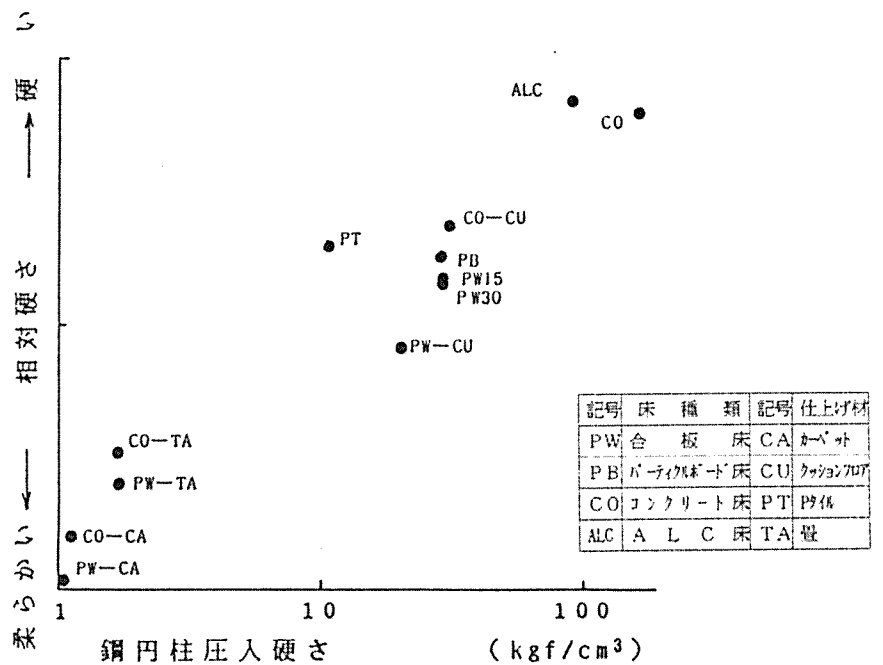


図-15 鋼円柱圧入と床の硬さ

以上、最近の木造床に対する硬さや感覚的評価について二種類の評価方法を紹介した。この結果と今回の試験結果を比較することはデータの持つ意味と特性が異なるため直接出来ないが、実験方法と試験体（床組と仕上げ材の種類）を考慮して非常に大雑把な変換を行なうと図-16となる。

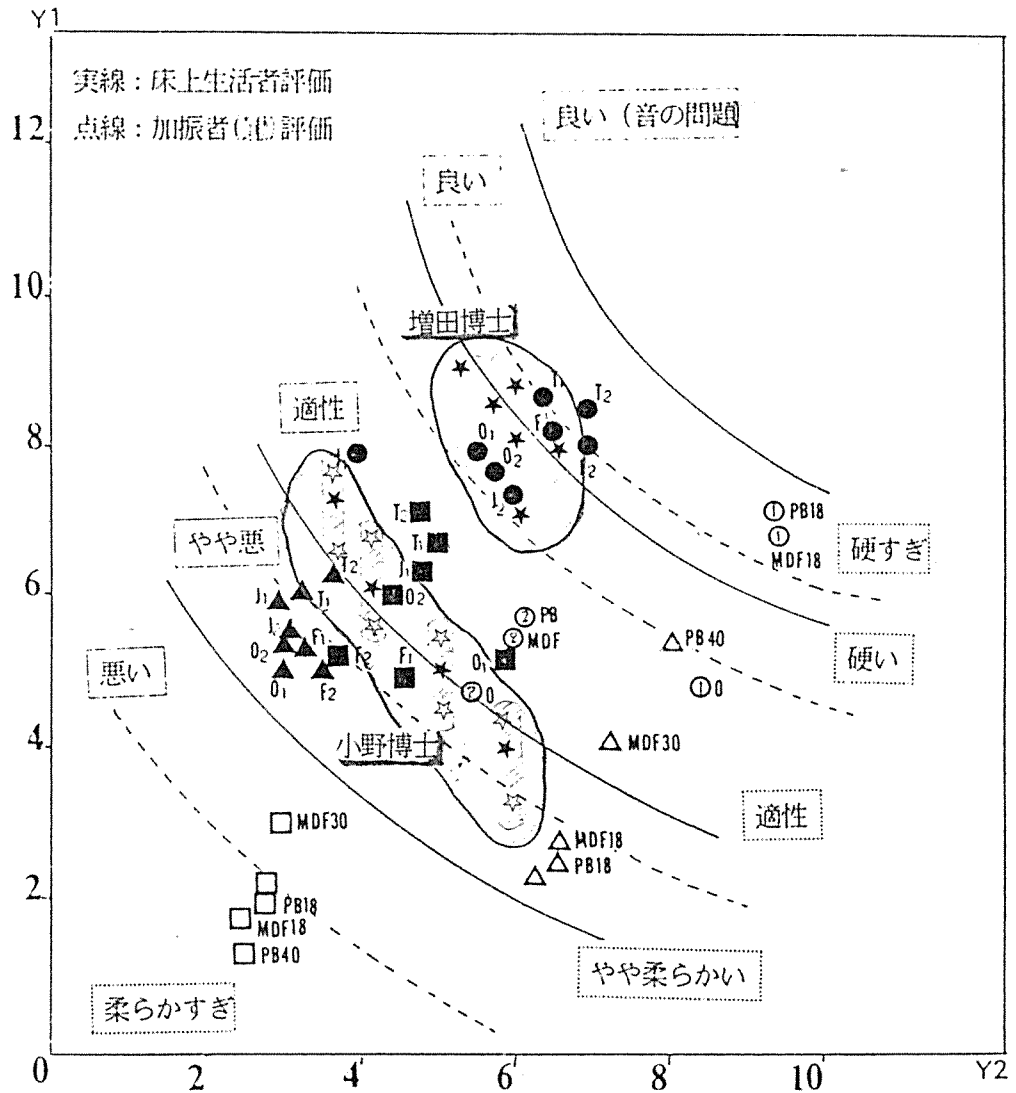


図-16 他木造床組の性能評価との関係

明確な比較は同じ試験体でそれぞれの実験を行ない評価しなければならないが、小野博士の適性値は多少柔らかめ（当適性値の下側）を、増田博士のそれは固め（同上側）を示している。また小野博士の適性範囲は狭く長い実績に培われたデータに裏付けられているからであろう。いずれにしても此等の間に大きな差はないように思われる。

実験期間などの制約から種々の木造床組や仕上げ材について試験できず、データも少なく十分な検討を加えることが出来なかったが、データの定性的な傾向はかなり明確であり、試験機の木造床の硬さや感覚的な性能評価に利用でき、中でも衝撃荷重、加速度、衝撃音は評価パラメータとして安定しており、試作機程度の簡単な構造と試験方法で高い相関を持つことが分かり、この試験方法での性能評価のめどがたった。

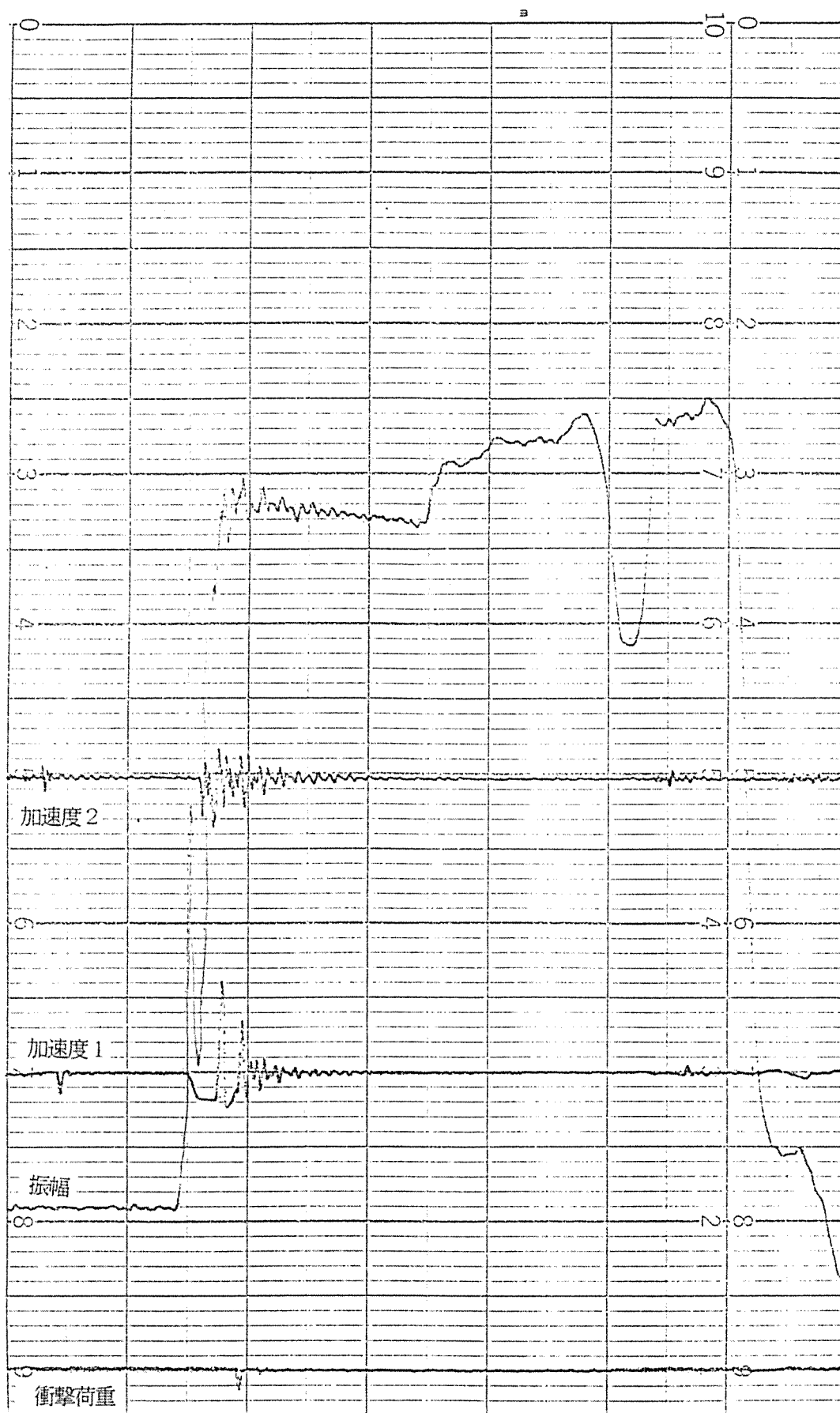
しかし、実験時の体重移動、重錘の保持、始動の立ち上がりの影響をなくするため、試験機の電磁石などによる自動落下装置化や衝撃荷重の計測レンジの範囲と適性値、振幅の計測センサーなど試験機に係わる問題と試験方法や評価基準値にも改良する点が多少残っている。今後は上記の細部にわたる検討と改良を行ない、簡便で再現性のある試験方法と単純明解な評価方法の確立が目標である。

今後の問題点

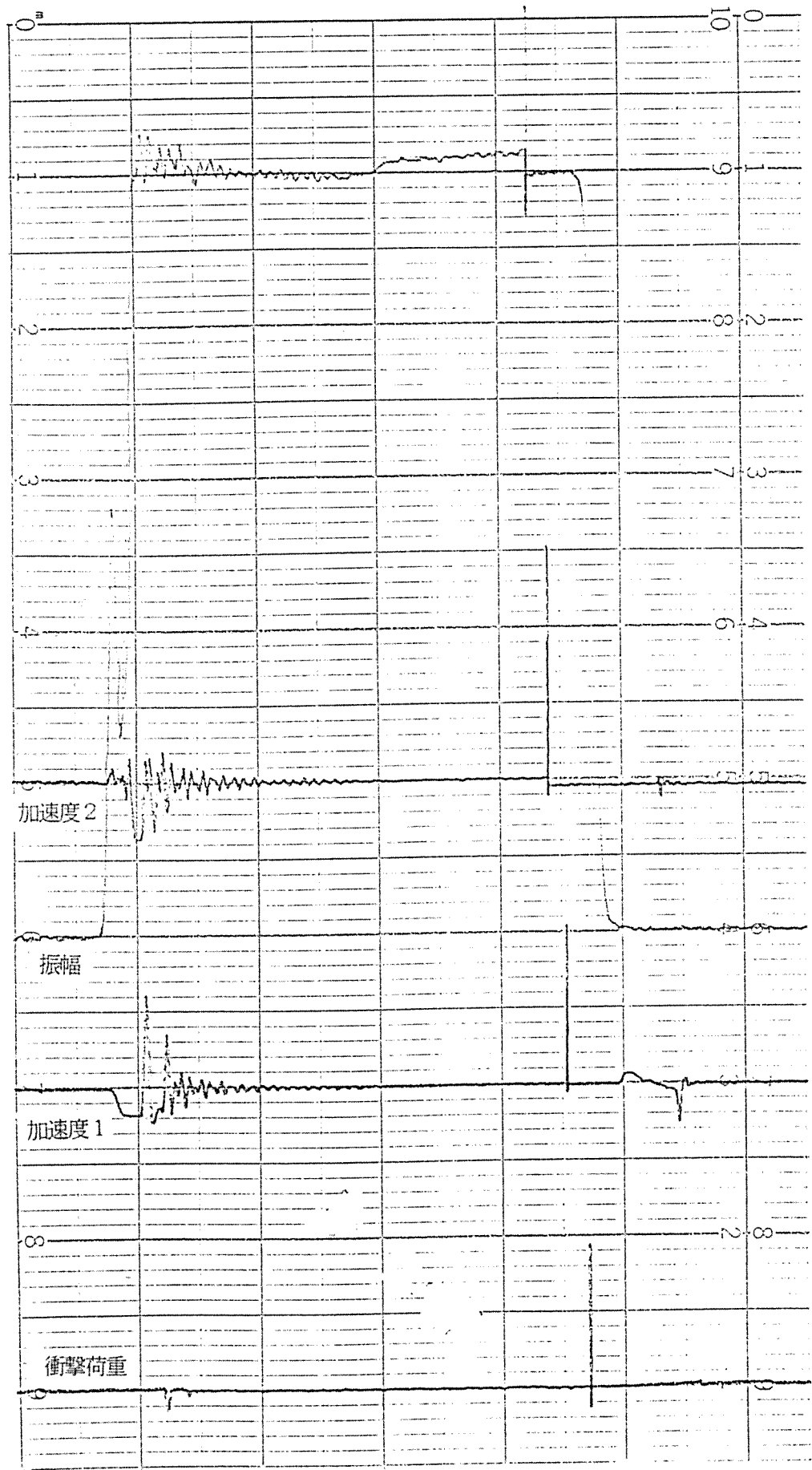
- 1 試験機の自動化 . . . データの均一化、試験人員の少数化
- 2 重錘落下精度 . . . シャフトとガイドの精度と滑性化
- 3 計測センサー . . . 特に振幅の計測精度の向上
- 4 評価基準の検討 . . . データの収集と再現性の検討
- 5 試験方法細部の検討 . . . データの質の検討
- 6 評価方法細部の検討 . . . ファジィ理論などの適用

§7 付 録

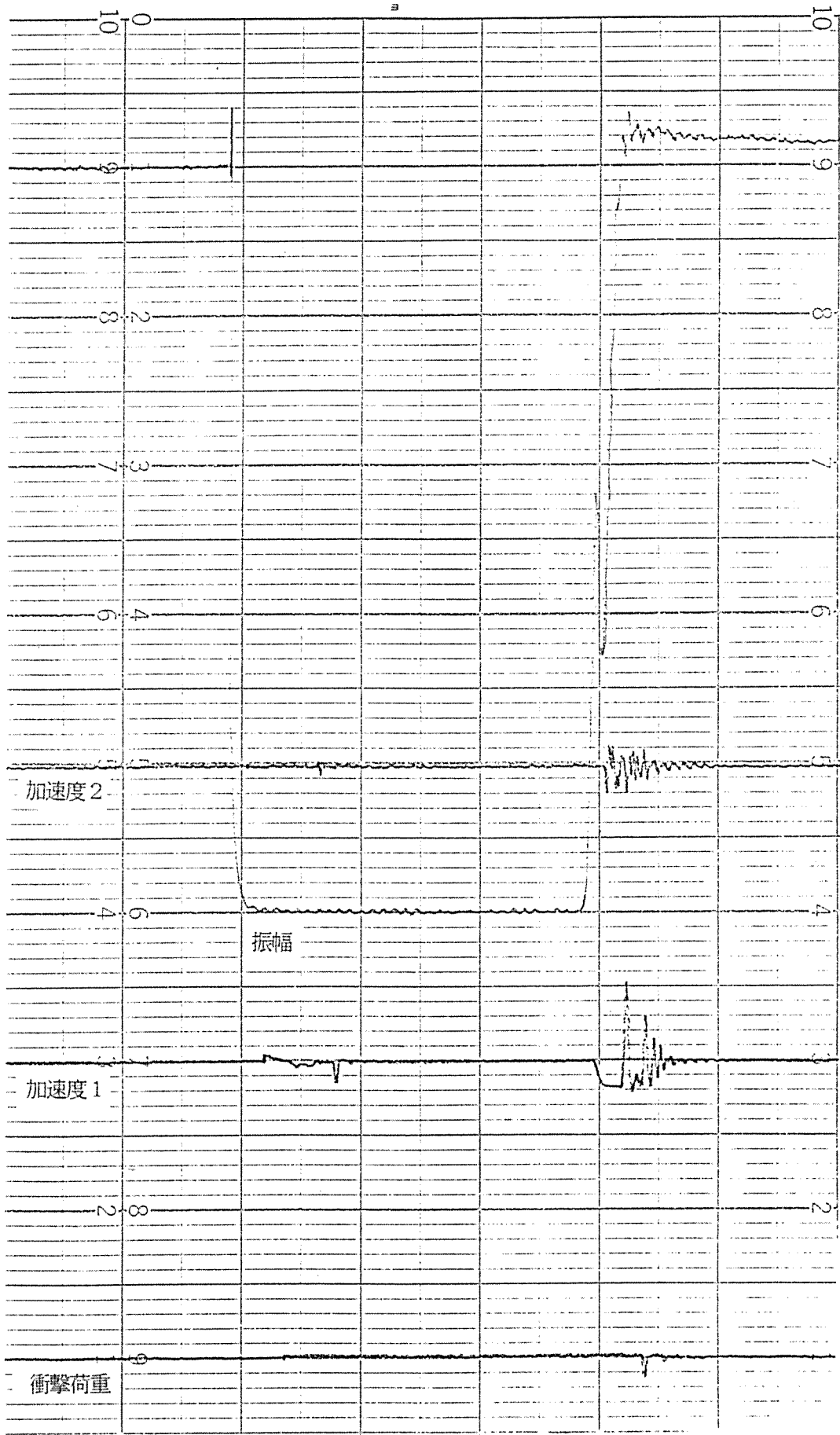
合板1枚(厚 9mm)の衝撃波形



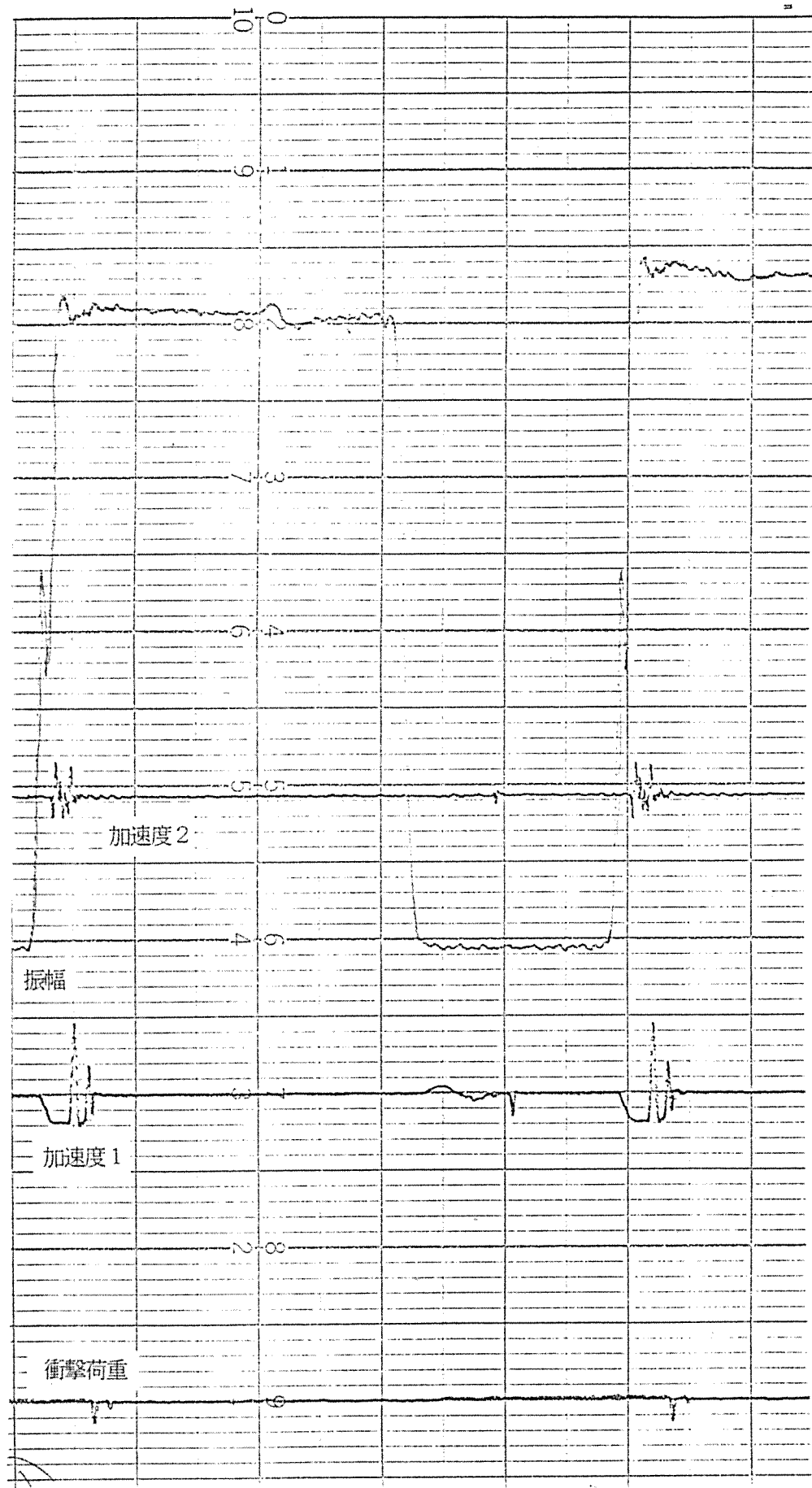
合板2枚(厚18mm)の衝撃波形



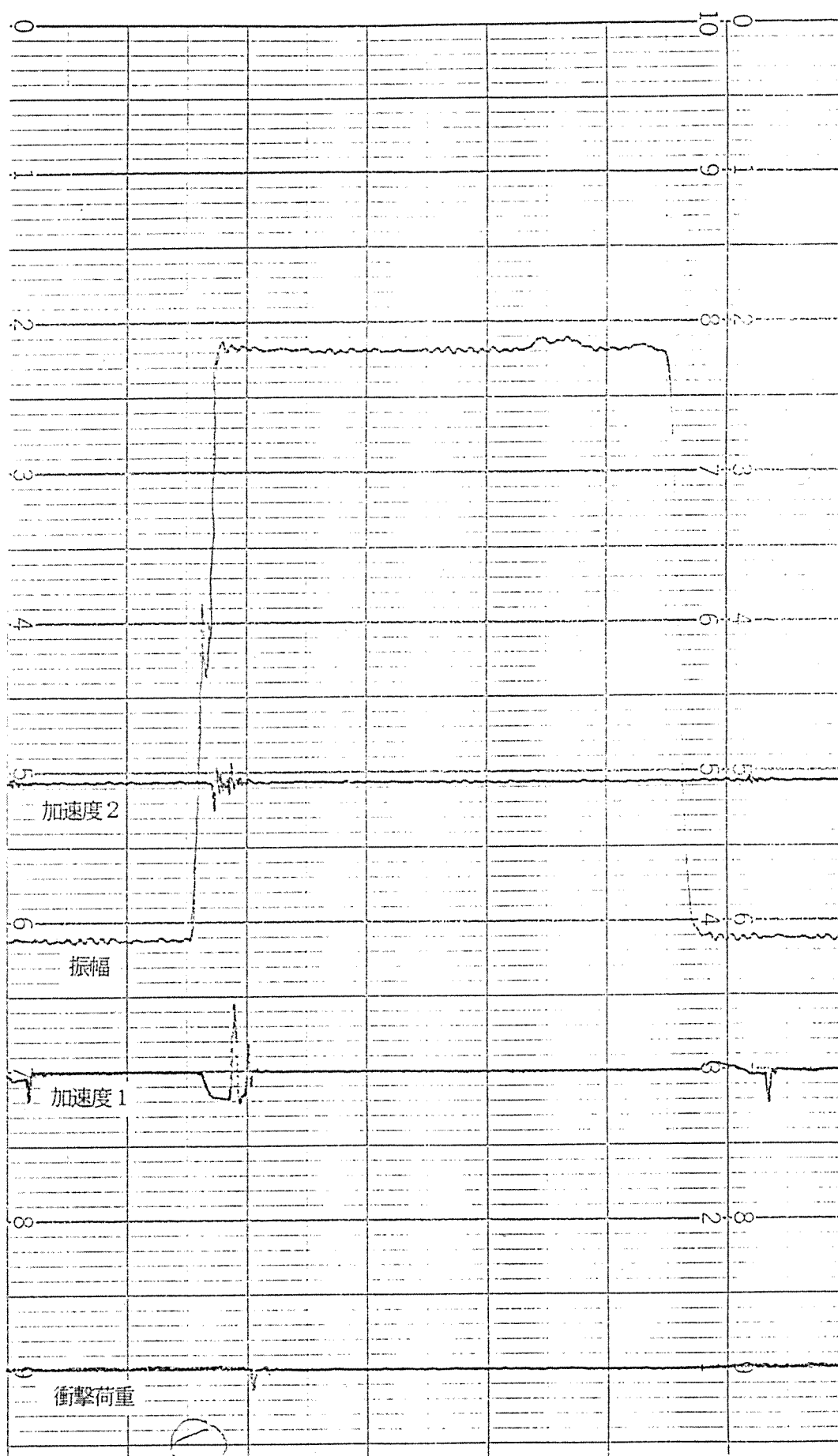
合板3枚 (厚27mm) の衝撃波形



合板4枚(厚36mm)の衝撃波形



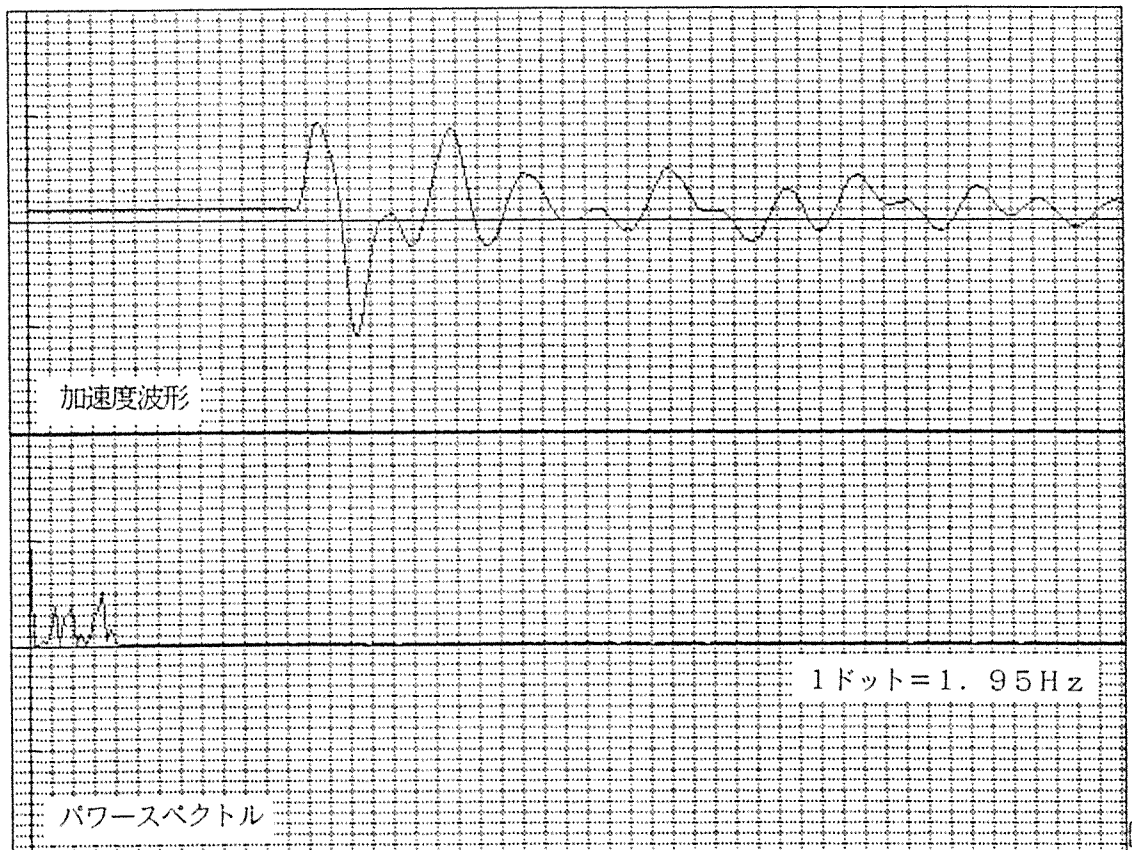
合板5枚（厚45mm）の衝撃波形



ツーバイフォー床組 仕上げ無



ツーバイフォー床組 畳



ツーバイフォー床組フローリング

