

〈特別研究課題〉 畳上での振動の測定方法と
人間の振動知覚に関する実験的研究
助成研究者 愛知工業大学 成瀬 治興



畳上での振動の測定方法と人間の振動知覚に関する実験的研究 — 建築構造体における振動伝搬性状に関する研究 —

成瀬 治興
(愛知工業大学)

Experimental Study on Measurements and Human Perception of Vibration on the Tatami Mat — Characteristics of Vibration Propagation in the Building Structure —

Haruoki Naruse
(Aichi Institute of Technology)

Abstract:

In the case of measurements of vibration on the floor in the house using by the Vibration Level Meter, we can't determine the value of Vibration Level accurately due to the vertical contact resonance of vibration pickup on the soft finished surface, such as a carpet and a tatami.

In this paper, we propose how to measure the vibration on the tatami mat. We have investigated impact exciting test on the 3 cases of the tatami mat (in the laboratory and in the real Japanese style house). As a result of this study, it has been found that the measurement method for the vibration on the tatami mat is setting a human body on the pickup of the Vibration Level Meter by seat position (called "agura style") so that one can evaluate the vibration to feel.

キーワード： 畳、ピックアップ、設置共振、加振実験、測定方法、人の荷重

1. はじめに

建物内において床面の振動が問題となり公害用の振動レベル計を用いて測定する場合、フローリングなどの仕上げが固い床面では正確な振動を把握することができる。一方、絨毯や畳のような柔らかい床面の振動を測定する場合、ピックアップ（以降PUと記す）の設置共振の影響によって正確な振動を把握することは困難なことが多い。

日本の住宅では洋間の割合が増えているものの、木造住宅では勿論のことRC造においても客間や寝室の用途のために畳敷きの和室を設けていることが多い。このような和室において、近くの工場から発生する振動や、道路交通機関から発生する振動等による被害（睡眠妨害、振動を認識することによる不快感）を受けることが少なくなく、和室の振動を定量的に測定する方法が望まれている。

本研究は、このような背景から、畳上の振動を簡易的に測定する方法を考察する必要があると考え、実験室や実際の住宅で加振実験を行うことにより、畳上の振動を測定する方法を提案することを目的としている。

2. 測定概要

2.1. 測定対象の種類

畳上の振動測定は、以下に示す3ケースの畳上において、インパクトハンマーによる加振実験を行なっている。

1) RC床の畳上

RC造の集合住宅などのRC床上（Pタイル仕上げ）に畳（稲わらの本畳、厚さ55mm）を直接敷いた状態を対象として、スラブ中央に畳を1枚敷いた簡易的な実験である。RC床上と畳上で測定を行なっている。

RC床上の畳の設置状況を図1に示す。

図中に、インパクトハンマーの加振点とPUを設置した受振点を示す。

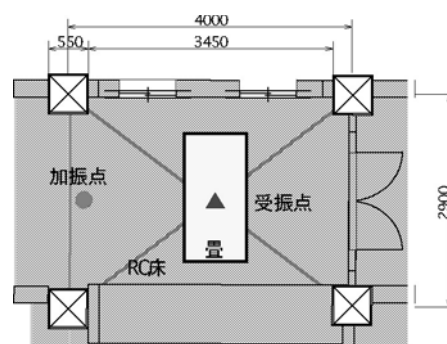


図1 RC床上の畳設置状況

2) 木造床組の畳上

在来木造の和室の畳上を想定して、実験室に木造和室1階床組部分を設け、畳（厚さ55mm）を6枚敷き、6畳間を再現している。畳上と畳を取り除いた荒板（床下地板）上で測定を行なっている。畳は、一般的なわらとポリスチレンフォーム板のサンドイッチ畳を用いている。実験室のRC床上に設置した木造床組構造の配置と床組構造と畳の敷き方を図2に示す。図中に、インパクトハンマーの加振点2ヶ所（RC床上と束上の敷居上）とPUを設置した受振点（畳上と荒板上の同じ位置）を示す。

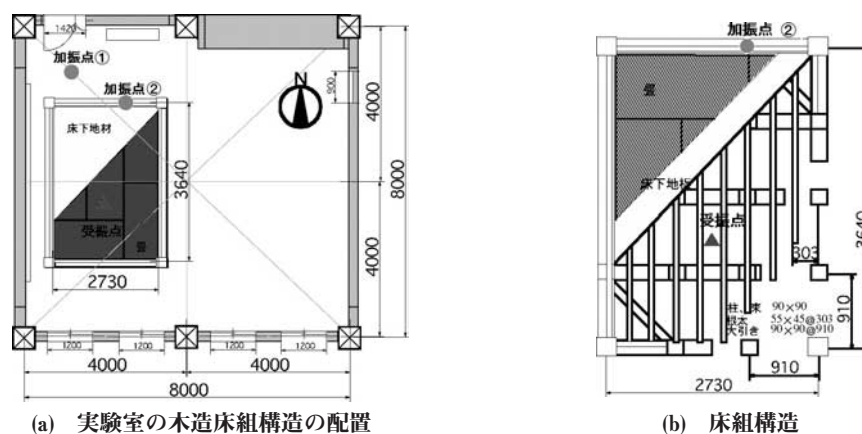


図2 実験室に設置した木造床組構造と畳配置

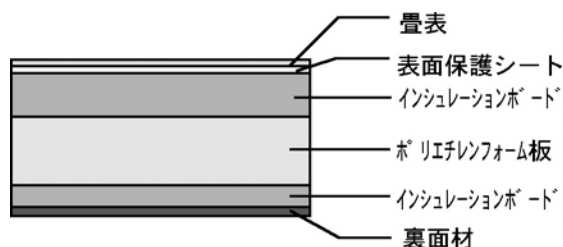


図3 サンドイッチ畳の構成

実験に用いたサンドイッチ畳の構成を図3に示す。

3) 実住宅の木造床組の畳上

実際の木造住宅の和室の畳上で測定を行なっている。住宅は在来工法2階建てであり、昭和8年に建てられ、平成14年にリフォームが行なわれている。リフォームは壁の改修や畳の交換などであり、柱梁などの軸組や基礎の構造は当時からと変更はない。畳はわらとポリスチレンフォーム板の稲わらサンドイッチ畳床を用いた。

実住宅の畳配置を図4に示す。図中に、インパクトハンマーの加振点（束上の敷居上）とPUを設置した受振点を示す。

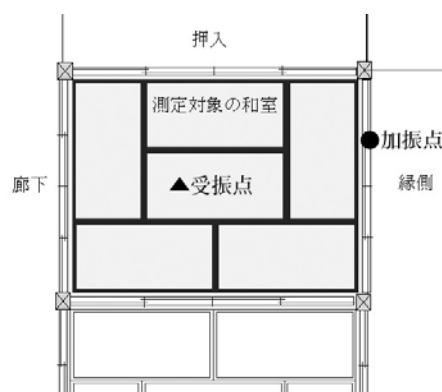


図4 実住宅の畳配置

2.2. 測定機器

実際に人が畳上で感じる振動と対応のよい測定方法を検討するために、従来の振動レベルの測定に用いる公害用の振動レベル計のPUの他に、座席用振動PUを加えている。座席用振動PUは、ISO2631による全身振動の測定・評価のためのものであり、PU上に直接人が座った状態で測定を行なうため、人の座位での振動測定が可能である。

また、設置共振の影響を確認するために、高周波振動計装置（以下、レーザー振動計）を加えている。レーザー振動計は、振動面と非接触での測定が可能であるため、設置共振は起こらないので、畳のような柔らかい面の振動の測定が可能である。表1に測定機器の一覧を示す。

表1 測定機器の一覧

名称	メーカー	形式
振動レベル計	RION	VM-52
PU	RION	PV-83B
3軸振動計	RION	VM-54
座席用振動PU	RION	PV-62
レーザー振動計	Polytec	1549-000

2.3. 測定・分析方法

各測定対象床面に振動レベル計のPU、座席用振動PU及びレーザー振動計を設置し、面外方向（床面に鉛直方向）の振動加速度の測定をしている。加振源には、加振力の測定も行うためインパクトハンマーを用いている。

測定対象毎の加振点及び受振点を図1、図2、図4に示す位置としている。実験室の木造床組構造では、受振点は、大引きや根太のない所としている（図2）。加振点は、レーザー振動計を用いた測定との比較検討を行うため、RC床上の①としている。他の1点は、床組構造の束上の敷居上の②としている。実住宅の木造床組構造では、実験室の木造床組構造の加振点②と同じ加振点としている（図4）。

測定・解析のブロックダイアグラムを図5に示す。加振力と振動加速度から周波数応答関数を求めている。なお、アクセラランス（振動加速度／力）の基準値は、 $10^{-5}[\text{m}/(\text{N}\cdot\text{s}^2)]=0[\text{dB}]$ としている。

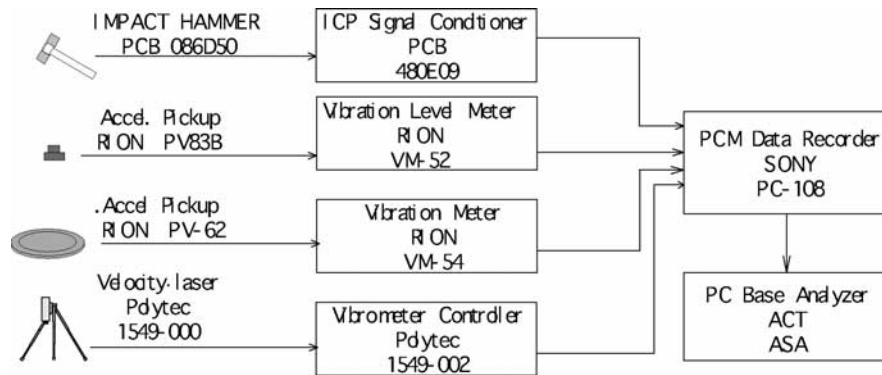


図5 測定・解析のブロックダイアグラム

3. 畳上の設置共振の影響の確認

畳上の振動測定において振動レベル計のPUを用いた場合に、どの程度の設置共振の影響があるかを確認するために、レーザー振動計の測定結果との比較を行なっている。RC床と木造床組の畳上で行い比較した結果を図6に示す。

どちらの測定ケースにおいても、振動レベル計で測定した結果が大きな振幅を示している。PUの設置共振の影響によって、本来の振動量より過大に評価してしまうことが認められる。

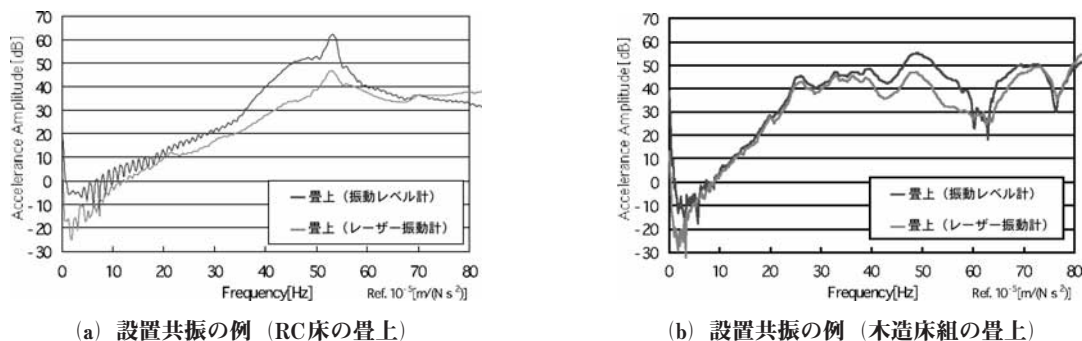


図6 畳上の設置共振の影響の確認（レーザー振動計と振動レベル計の測定結果の比較）

4. 人の荷重をかける測定方法の検討

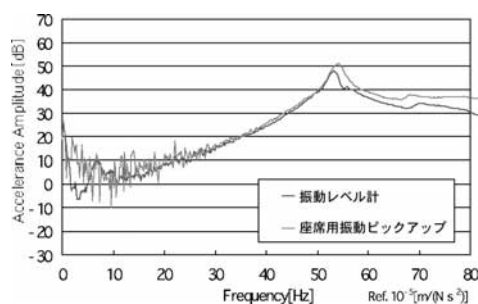
振動レベル計を用いて、人が畳上に座った座面位置の振動の測定を行なうためには、座席用振動PUと同様に振動レベル計のPU上に人を座らせた測定方法が考えられる。しかしながら、振動レベル計のPUは本来荷重を掛けて測定することを前提としていない。そこで、振動レベル計のPUに人の荷重を掛けた測定を行い、座席用振動PUの測定結果との比較を行い、人の荷重をかける測定方法についての検討を行なっている。振動レベル計のPU上に人が座った状態を写真1に示す。RC床と木造床組の畳上で行い比較した振動測定結果を図7に示す。

実験室のRC造では、卓越振動数より高い振動数帯域において座席用振動PUの振幅の方が大きいものの全体的な周波数特性は同様な傾向が認められる。実験室の木造では、複数の共振があり局部的には振幅が異なるものの、全体的な周波数特性は同様な傾向が認められる。

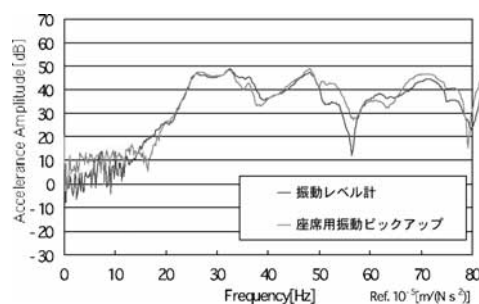
以上のことから、振動レベル計のPU上に人の荷重をかける測定方法は、座席用振動PUとほぼ同様な評価が得られると考えられる。



写真1 振動レベル計のピックアップ上に人が座った状態



(a) RC床の畳上



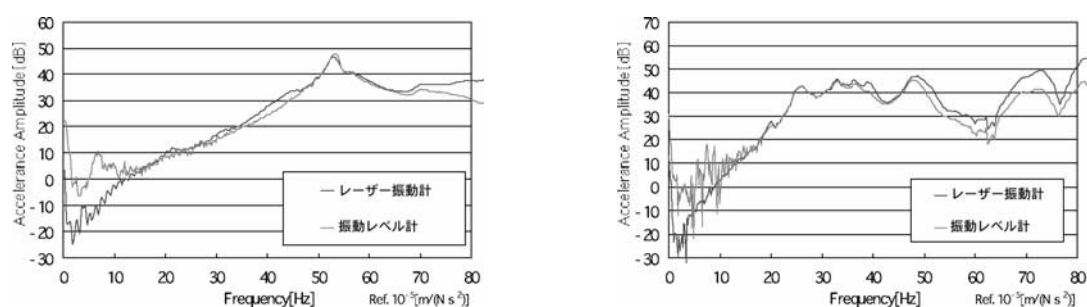
(b) 木造床組の畳上

図7 畳上での人の荷重による設置共振の影響の確認
(振動レベル計と座席用振動計の測定結果の比較)

5. 畳上で人が感じる振動

畳上ではPUの設置共振と同様な原理により、人が畳上に座ることで接触面において設置共振を起こしている可能性がある。そのため、人は自らの体重による設置共振の影響を受けた振動を畳上で感じていることが考えられる。

人の荷重による設置共振の影響を確認するために、振動レベル計のPUに人の荷重を掛けた測定結果とレーザー振動計での測定結果を比較したものを図8に示す。高い周波数帯域でレーザー振動計の測定結果の方がやや大きな振幅を示す傾向があるものの、振動レベル計の測定結果が設置共振の影響のないレーザー振動計の測定結果と大きな差がないことが認められる。この結果から、人が畳上で感じている振動は、人の荷重などによる設置共振の影響がほとんどないものではないかと考えられる。



(a) RC床の畳上

(b) 木造床組の畳上

図8 畳上で人の荷重による設置共振の影響の確認
(レーザー振動計と振動レベル計の測定結果の比較)

6. 錘による検討

振動レベル計のPU上に人の荷重を掛ける測定方法について、これまで報告してきた。この方法の問題点は、PU上の人の動作の測定結果に影響を与えることである。測定時間が短く、加振のタイミングがわかるハンマーや加振機等による加振実験では、被験者が意識することによって動作による影響は最小限に抑えられる。例えば被験者に動きがあったとしても、測定結果から確認ができ分析から除外が可能である。一方、道路交通機関などの実加振源による測定では、比較的に測定時間が長く、いつ問題となる振動が発生するか被験者にわからないために、被験者の動作による影響の少ない測定をすることが困難である。

人の動作による影響を避けるために、PU上の荷重を人ではなく錘による検討を行なっている。

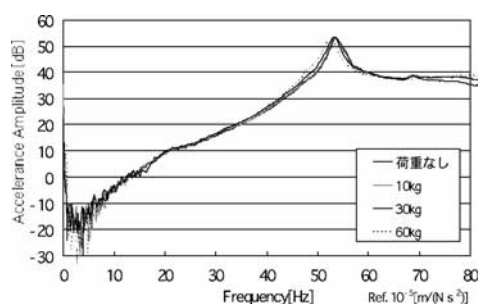
PU上の荷重を人ではなく錘に用いて検討を行なった結果を図9に示す。錘をPUに乗せた場合の測定状況を写真2に示す。

RC床の畳上では、錘の荷重によって周波数応答に大きな変化は生じていないが、木造床組の畳上では、錘が重くなるにつれて54Hz付近の卓越の振幅が小さくなり、一次固有振動数が35Hz (10kg)、30Hz (30kg)、24Hz (60kg) と低くなる傾向が認められる。

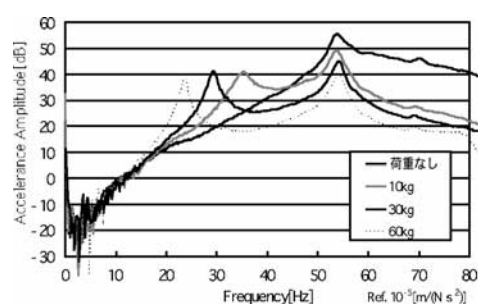
人の荷重をかけた測定結果と錘が10kg、17kgの場合の結果の比較を図10に示す。PU上に座った

人の体重は64kgであったが、錘が10kgの場合と54Hz付近の卓越の振幅がほぼ一致した。しかしながら、錘の場合のみに発生する一次固有振動数によって、周波数特性は異なるものとなっている。この一次固有振動数は、畳をバネ、錘とPUをバネ上質量と見なした1自由度の共振と考えられる。

以上のことから、錘の荷重による測定方法は、畳とPU上に荷重をのせた共振系による共振による影響によって、正確な床の振動を評価できない。しかしながら、前述した理由から人による測定も実用的に難しい点がある。荷重のかけ方は今後の課題の1つであると考ええる。



(a) RC床の畳上



(b) 木造床組の畳上

図9 錘の荷重を振動レベル計のPUに乗せたことによる測定結果の比較

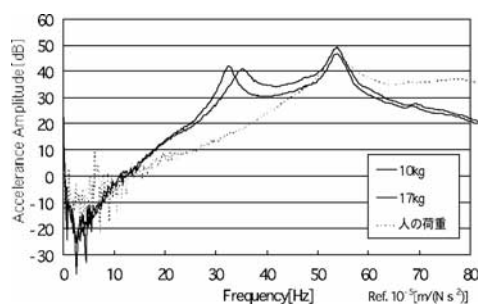


図10 人の荷重と錘の荷重を振動レベル計のPUに乗せた場合の比較



写真2 錘をPUの上に乘せた場合の測定状況
(30kgを座席用振動計のPUの上に乘せた場合)

7. 実住宅での測定事例

実住宅の畳上と荒板（床下地板）上において、振動レベル計のPUと座席用振動PUを用いて測定を行なっている。振動レベル計のPU上と座席用振動PU上に人を座らせて測定した結果を図11に示す。実住宅においても両測定器の対応は良く、測定器の違いによる差は小さいものと考えられる。

畳上と荒板上での測定結果を比較したものを図12に示す。44Hz付近と70Hz付近で荒板上の振幅が10dB～20dB小さくなっており、全体的に畳上の振幅の方が大きい傾向が認められた。畳敷きの和室での振動測定を行なうとき、やむを得ず畳を剥がして荒板上で測定を行なうことがある。この場合、畳上の振動特性と全く異なる荒板上の振動を評価していることになる。

さらに、荒板上で振動レベル計のPU上に人を座らせている場合と座らせていない場合を比較した結果を図13に示す。測定結果に大きな差異が生じていることが認められる。PU上に人の荷重を掛けることによる測定器への影響か、若しくは床組構造が人の荷重によって振動特性が変化したことによる影響なのかを確認するために実験室の木造で検討を行なっている。荒板（床下地板）上でPU上に人が座った場合とPUの周りに座った場合で比較した結果を図14に示す。測定結果がほぼ同様なことから、荒板（床下地板）上では人の荷重がPUに掛る位置に関係ないことが認められている。以上のことから、木造床組では人の荷重の有無によって測定結果が異なると考えられる。

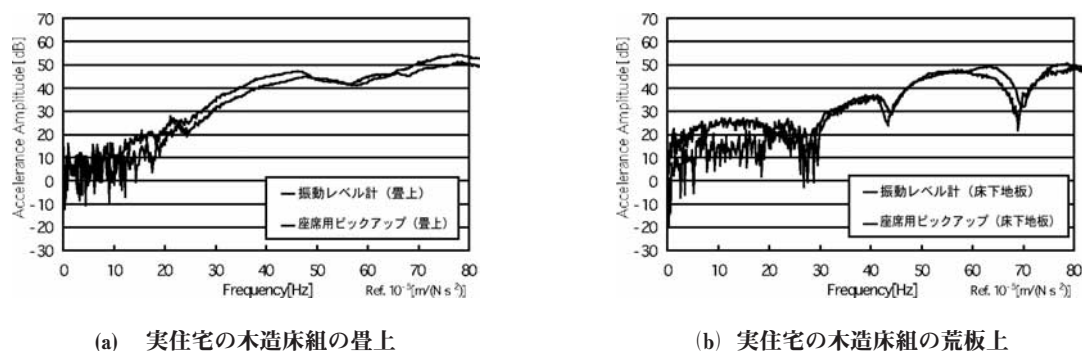


図11 振動レベル計PUと座席用振動計PUの測定結果の比較

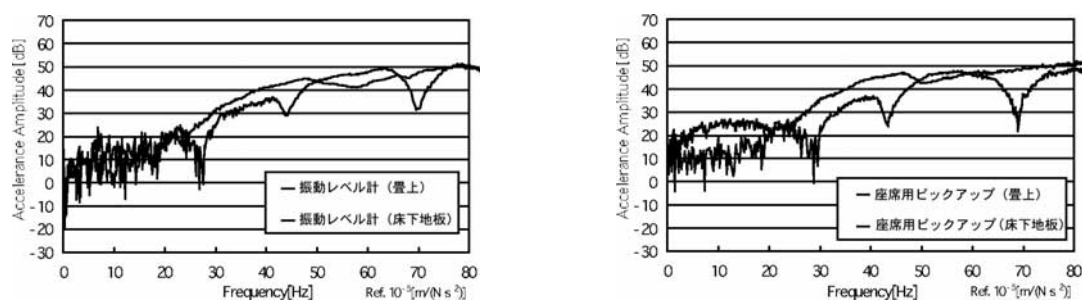


図12 畳上と荒板上の振動測定結果の比較

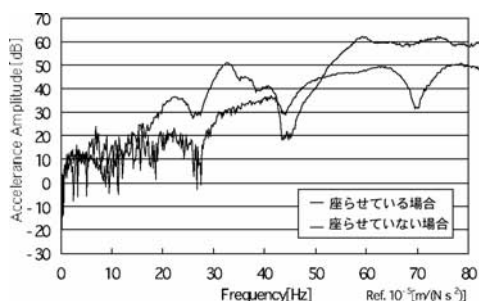


図13 荒板上での人の有無による振動測定結果の比較（実住宅）

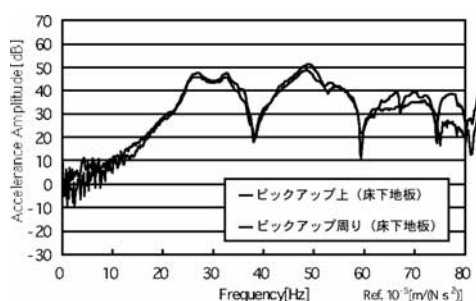


図14 人の荷重位置の検討（木造床組）

8. まとめ

畳上の振動を測定する場合、PUの設置共振の影響によって正確な振動を把握することが困難である。本研究では、実験室におけるRC床及び木造床組の畳上、実住宅の木造床組の畳上を対象として加振実験を行ない、畳上の振動を簡易的に測定する方法について検討を行なった。その結果、振動レベル計のPU上に人を座らせる測定方法によって、設置共振の影響がなく、実際に人が畳上で感じている振動を評価できることが確認された。しかしながら、長時間の測定等においては、PU上の人の動作が測定精度を左右するため、汎用的な測定方法を提供するには至っていない。PU上の荷重を人ではなく錘とする検討を行なったが、錘とPUの共振の影響が認められた。この方法は、より一層の検討が必要であるものとする。また、本報告では、畳上での人間の振動知覚については報告していないが、それに関しては、現在被験者実験を行っており、今後更なる研究を行ない報告したいと考えている。

今後は、畳上の振動測定に際し、PU上の荷重の乗せ方を検討するとともに、道路交通振動のような実振動源による畳上の振動測定が可能な方法の確立等を課題に研究を行なうつもりである。

謝辞

本研究は、(財)日比科学技術振興財団の研究助成により行なわれたものであり、深謝の意を表する。

また、測定・解析については、愛知工業大学卒業生の今井昭喜君、伊藤全次郎君の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 林健太郎, 水野俊介, 佐野泰之, 成瀬治興:畳上の振動測定に関する実験と検討ーピックアップの設置条件と設置共振に関する研究ー, 日本音響学会騒音振動研究会資料N-2006-28(2006.5).
- 2) 林健太郎, 佐野泰之, 成瀬治興:畳上の振動測定に関する実験と検討ー実荷重等による床組構造における応答特性の検討ー, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集(2006.9).
- 3) 林健太郎, 佐野泰之, 成瀬治興:畳上の振動測定に関する実験と検討ー木造住宅の和室での測定例, 日本建築学会東海支部研究報告集(2007.2).
- 4) 佐野泰之, 林健太郎, 成瀬治興:交通振動の住宅への振動伝搬性状の測定ー道路交通振動と地下鉄振動伝搬性状の比較ー, 日本騒音制御工学会春季研究発表会講演論文集(2007.4).