

環境振動に対する心理量の決定要因とその評価に関する検討

Determinative Factor of Psychological Response of Environmental Vibration and its Evaluation Method

野田 千津子* 石川 孝重**
Chizuko NODA Takashige ISHIKAWA

Abstract This study aimed to analyze the physical determinants of vibration sensation and to predict psychological responses based on the physical quantity of environmental vibration.

This paper focuses category choice results based on the past examinations. The authors valued psychological response to vibration with a rating value using method of successive categories. Additionally, psychological response was predicted by physical quantity of vibration using multiple linear regression analysis. The physical determinants of psychological response were investigated on the basis of the physical quantity of vibration by stepwise selection.

The results show that physical elements affecting psychological response vary with direction of vibration. Psychological response can be rated as a one-dimensional scaling value using the method of successive categories and can be predicted by physical quantities of vibration such as frequency and acceleration.

Key words: vibration sensation 振動感覚, psychological response 心理評価, physical quantity 物理量, scaling method of category カテゴリー尺度法, method of successive categories 系列範疇法

1. はじめに

住宅では、居住者らの動作や周囲の交通、日常的な風などで発生する環境振動に対する居住性能評価の規範となるのは、知覚閾や心理評価など、振動に対する人間の感覚である。筆者らはこれまでも、被験者に様々な振動を与えて、その際の感覚を知る実験などを通して、振動感覚の特性を検討してきた。

本研究では、既報^{1,2)}等で述べた、これまでに実施した被験者実験の結果をふまえ、振動感覚を決定する要因を分析し、振動の物理量に基づいて環境振動に対する心理量を予測することが目的である。

これまでの報告では、心理評価を表現する各カテゴリーに対する回答確率と、振動の物理成分との関係を明確にし、知覚閾や心理評価の振動数特性を把握してきた。本論文では、系列範疇法を用いて、カテゴリーの選択により得られた振動に対する心理量を、尺度値として評価する。さらに、振動の物理量に基づいて、尺度値に対応した予測値を検討し、振動に対する心理評価の決定要因を考察する。

2. 実験の概要と分析の方法

鉛直・水平振動に対する心理評価を知るために、数回にわたって被験者実験を実施した。各実験の詳細は文献^{3~6)}を参照されたい。

被験者は振動台に設置した居室内で、鉛直振動では立位、水平振動では腰掛け位あるいは座位の姿勢をとる。居室内には、視覚や聴覚から振動を察知できる要因をできる限りなくし、体感による感覚の把握を目的としている。被験者は、鉛直振動の場合が合計56名(女性・18~25歳)、水平振動の場合は

* 住居学科学術研究員
Researcher, Department of Housing and Architecture
家政学研究科住居学専攻修了(1993)
Graduate School of Home Economics, Division of
Housing and Architecture

** 住居学科
Department of Housing and Architecture

実験によって異なるが、20代前半を中心とした女性、合計34～56名程度の被験者である。

入力振動は正弦振動を基本とした波形とし、鉛直振動は振動数2.7～31 Hz、加速度最大値0.6～200 cm/s²の範囲で38種類、水平振動は振動数0.1～40 Hz、加速度最大値1.6～400 cm/s²の範囲で57種類、評価対象とする振動の目標値を設定した。実験では、振動数を一定にして加速度最大値を徐々に大きく

し、その間、評価対象となる振動の目標値に加速度が達した時点で振幅を定常にする。

振幅が定常になった30秒後に、被験者は実験者の指示に従ってアンケートに回答する。被験者は振動を感じながら、カテゴリ尺度法を用いたTable1の評価尺度について、あてはまる表現を1つずつ選択する。鉛直振動では5種類すべて、水平振動では強さ以外の4種類を用いた。

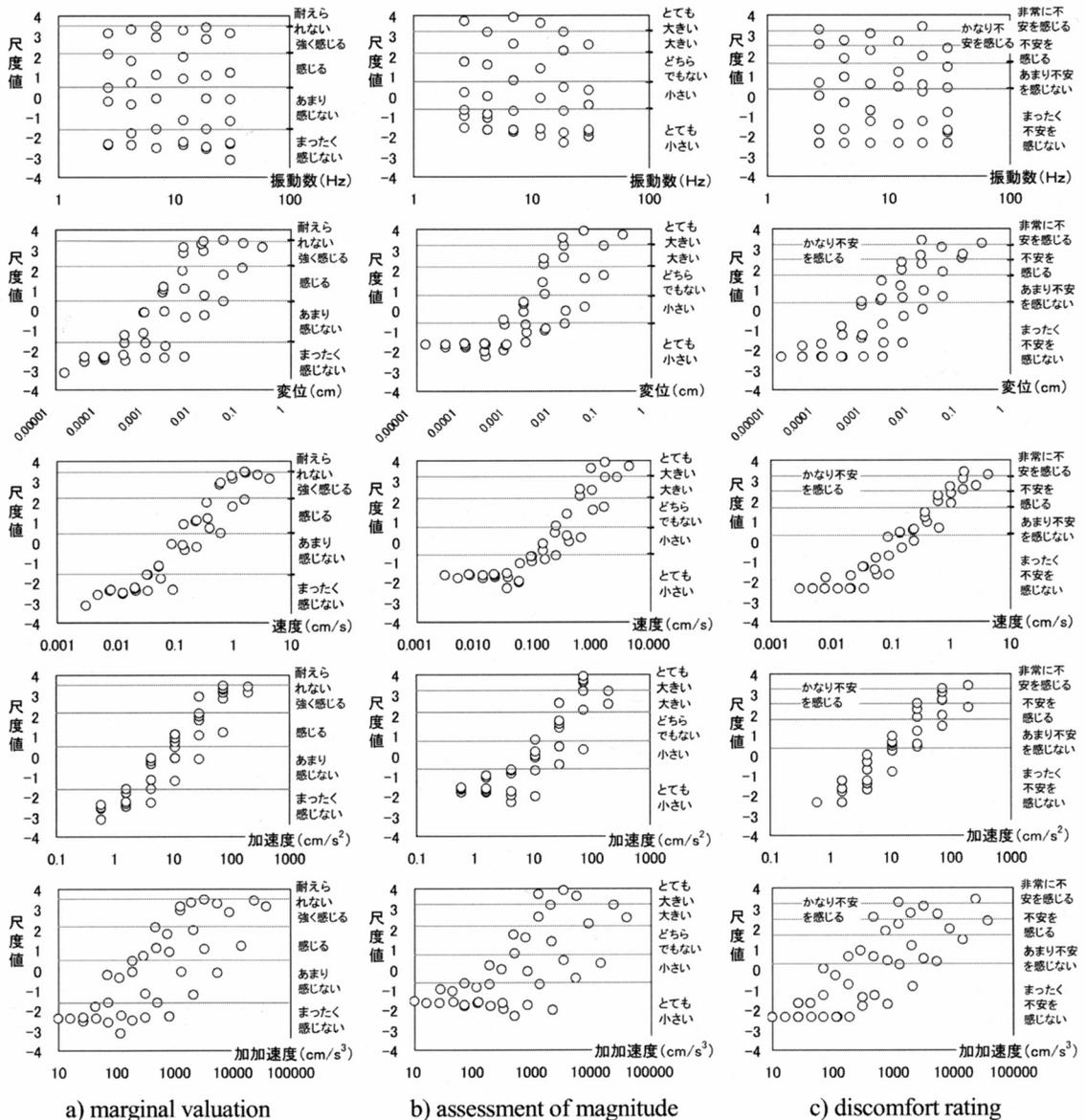


Fig. 1 Relation between psychological response and physical elements of vertical vibration

Table 1 Questionnaire categories

尺度名	カテゴリ				
	まったく感じない	あまり感じない	感じる	強く感じる	耐えられない
大きさ	とても小さい	小さい	どちらでもない	大きい	とても大きい
強さ	とても弱い	弱い	どちらでもない	強い	とても強い
不快感	まったく不快でない	あまり不快でない	不快である	かなり不快である	非常に不快である
不安感	まったく不安を感じない	あまり不安を感じない	不安を感じる	かなり不安を感じる	非常に強く不安を感じる

解析では、各振動に対する回答分布に基づいて、系列範疇法により各カテゴリーの境界値を求める。既報^{3~6)}等で報告したカテゴリーごとの回答確率による評価と異なり、系列範疇法では、1つの振動に対する全カテゴリーの回答分布を連続量として扱う。そのため、例えば限界評価では、知覚限界から許容限界までを一次元の心理量として評価できる。

このカテゴリーの境界値から、各振動に対する心理量を尺度値として同一軸上に位置づけ、心理量と物理量との間に線形関係を仮定して重回帰分析を行う。各振動の変位・速度・加速度・加加速度の最大値、振動数、周期とそれらを常用対数で表した値を説明変数として、ステップワイズ変数選択を行い、各評価尺度の心理量を予測する上で適切な物理量を選択する。この結果から、各評価尺度が表現する感覚に対して、決定要因となる物理量を考察する。

3. 鉛直振動に対する心理量の評価

3.1 鉛直振動に対する心理量と物理量との関係

各評価尺度による心理量を振動ごとに算出し、各物理量との関係を例示したものがFig. 1である。図中には、各カテゴリーの境界値をあわせて示す。

限界評価以外では、「とても小さい」「とても弱い」「まったく不快でない」「まったく不安を感じない」の範囲が広く、実験対象とした振動のほぼ半分があてはまる。一方、限界評価では「耐えられない」範囲の振動はほとんどないが、それ以外のカテゴリーにはほぼ均等に分布する傾向がみられる。

Table2 に示す心理量と物理量との相関係数を見るように、評価尺度による違いは小さい。鉛直振動の場合、心理量と加速度および速度との間には線形関係があり、相関係数も高い。特に不安感や不快感、限界評価では速度との相関も高いが、速度が低い範囲では、心理量はほぼ一定となる傾向がある。共通して、その他の物理量の大きさによって心理量には若干の大小が生じるものの、加速度が大きな決定要因となることがわかる。

Table 2 Coefficient of correlation between psychological response and physical elements of vertical vibration

	限界評価	大きさ	強さ	不快感	不安感
振動数	-0.15 (-0.12)	-0.19 (-0.18)	-0.15 (-0.14)	-0.09 (0.07)	-0.13 (-0.12)
変位	0.45 (0.82)	0.53 (0.80)	0.53 (0.78)	0.45 (0.79)	0.51 (0.83)
速度	0.70 (0.94)	0.78 (0.89)	0.78 (0.89)	0.70 (0.93)	0.74 (0.95)
加速度	0.72 (0.94)	0.73 (0.86)	0.74 (0.87)	0.74 (0.95)	0.72 (0.95)
加加速度	0.47 (0.77)	0.44 (0.67)	0.46 (0.70)	0.50 (0.80)	0.46 (0.77)

※()内は各物理量を対数軸で表す場合

3.2 鉛直振動に対する心理量の重回帰分析

Table3 に鉛直振動に対する心理量について、変数選択で投入された物理量と重回帰式の係数を示す。Fig. 2 には実験結果に基づいた各振動の心理量、すなわち系列範疇法による尺度値と重回帰式による予測値との関係を例示する。図中に、両者の相関係数と各カテゴリーにあてはまる尺度値の範囲をあわせて示す。尺度値と予測値の相関係数はいずれも高く、これらの重回帰式で、鉛直振動に対する心理量をあてる程度、予測することが可能である。

Table 3 Multiple regression coefficient of psychological response of vertical vibration

	限界評価	大きさ	強さ	不快感	不安感
振動数	-0.081			-0.043	
周期	-2.625				-3.849
変位					
速度		(1.223)	(1.234)		(2.436)
加速度	(2.745)	0.039	0.040	(2.727)	
加加速度		-0.00016	-0.00016		
定数	-0.015	0.434	0.415	-1.898	2.698

※()の場合は対数軸で表した各物理量が説明変数となる

大きさと強さはほぼ同じ重回帰式となり、速度が等しい振動に対する心理量の違いは加速度や加加速度で表される。これらはいずれも振幅にかかわる要素であり、大きさや強さには振動における複数の異なる振幅が影響するものと推察できる。

一方、不安感は速度、限界評価と不快感は加速度の常用対数値との相関性が高く、さらに周期あるいは振動数が、振幅が等しい振動に対する心理量の違いを生む。特に限界評価では、周期と振動数がそれぞれ、低振動数・高振動数範囲における影響を表し、知覚限界と関連した強い振動数特性がみられる。

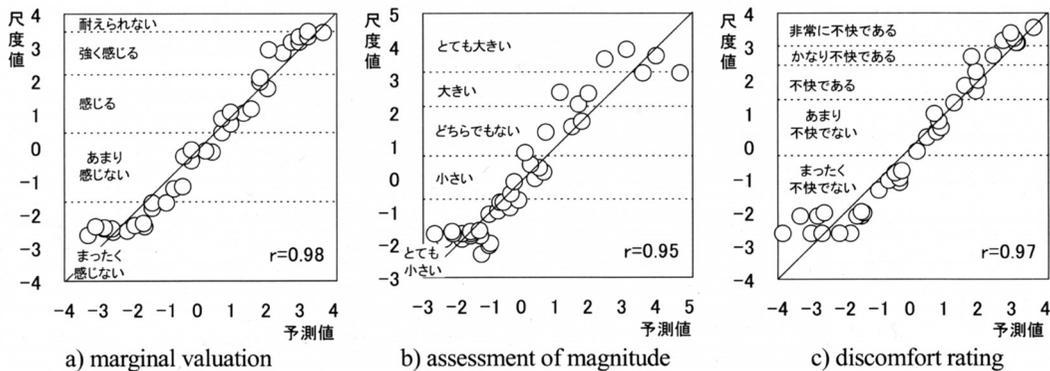


Fig. 2 Rating value of psychological response and predicted value by physical elements of vertical vibration

4. 水平振動に対する心理量の評価

4.1 水平振動に対する心理量と物理量との関係

鉛直振動と同様に、各振動の尺度値と物理量との関係を、水平振動について例示したものが Fig. 3 である。Table 4 に心理量と物理量との相関係数を示す。いずれの尺度も加速度との線形関係が強い。

Table 4 Coefficient of correlation between psychological response and physical elements of horizontal vibration

	限界評価	大きさ	不快感	不安感
振動数	-0.16 (0.06)	-0.22 (-0.17)	-0.24 (-0.09)	-0.20 (0.02)
変位	0.17 (0.37)	0.18 (0.43)	0.21 (0.50)	0.19 (0.41)
速度	0.62 (0.64)	0.65 (0.68)	0.61 (0.74)	0.66 (0.67)
加速度	0.69 (0.95)	0.73 (0.92)	0.64 (0.93)	0.75 (0.94)
加加速度	0.36 (0.68)	0.30 (0.61)	0.32 (0.56)	0.35 (0.64)

※()内は各物理量を対数軸で表す場合

実験対象とした 0.1 ~ 40 Hz の範囲では、水平振動に対する感覚は 2 Hz 付近でもっとも厳しく、低振動数・高振動数になるほど感覚が鈍くなる U 字型を描くような振動数特性を示す。⁹⁾ 2 Hz 付近を境に、低振動数範囲と高振動数範囲では異なる感覚特性を示すため、速度や変位、加加速度との関係は、全体的にばらつきが大きい。

特に大きさと速度の関係においては、速度が大きい範囲では振動数の高低によって心理量が二分する傾向がみられる。限界評価では、加加速度が小さい範囲、すなわち、低振動数・低加速度の範囲で、心

理量との線形関係が顕著であり、知覚限界の評価との関連が読み取れる。

各カテゴリーの範囲をみると、尺度によって回答の偏りが異なる。限界評価では、「耐えられない」あるいは「まったく感じない」と評価される範囲が狭く、特に「まったく感じない」は鉛直振動と比較して、あてはまる振動範囲も狭い傾向にある。

4.2 水平振動に対する心理量の重回帰分析

Table 5 に水平振動を対象とした変数選択と重回帰分析の結果、Fig. 4 に尺度値と予測値との関係を例示する。いずれも対数軸で表した加速度との相関性ももっとも高く、加速度が大きいほど心理量も大きい。

Table 5 Multiple regression coefficient of psychological response of horizontal vibration

	限界評価	大きさ	不快感	不安感
振動数	-0.031	-0.037	-0.03	-0.025
周期	-0.129			
変位				
速度				
加速度	(2.558)	(3.146)	(2.275)	(2.597)
加加速度				
定数	-2.476	-3.298	-2.361	-2.756

※()の場合は対数軸で表した各物理量が説明変数となる

また、大きさ、不快感、不安感では振動数が高いほど心理量が小さく、その影響も強い傾向にある。一方、限界評価では、知覚限界における低振動数範囲の振動数特性が強くあらわれ、振動数と周期の両方が説明変数として選択される。実験対象とした振動数範囲が広く、感覚の振動数特性が明確であることから、加速度が決定要因となり、振動数が影響をおよぼす傾向が読みとれる。

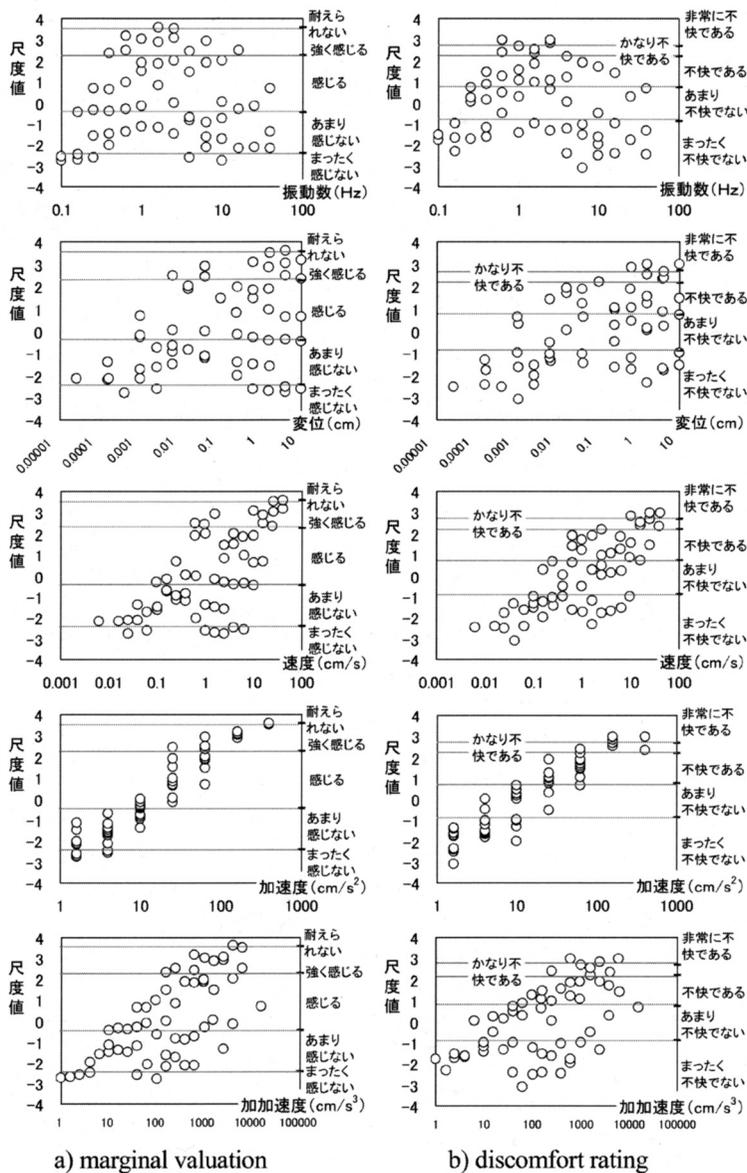


Fig. 3 Relation between psychological response and physical elements of horizontal vibration

5. 振動感覚の決定要因となる物理量

環境振動に対する心理量を決定する物理量を、系列範疇法および重回帰分析で分析した結果、鉛直・水平振動に共通した特徴を見出すことができる。

すなわち、心理量の大小は振動の振幅にかかわる要素でほぼ決定される。決定要因となるのはそれぞれ尺度値との相関性もっとも高い物理量であり、

加速度あるいは速度が決定要因となる場合が多い。いずれの場合も、各物理量を常用対数で表した値とほぼ線形関係を示しており、環境振動を対象とした場合も、物理量と心理量との間における一般的な傾向がみられる。

このように振幅依存性の高い心理量に対して、振動数を要因とした特性が独立して存在し、最終的には両者が融合して評価される。振動数特性は、周期

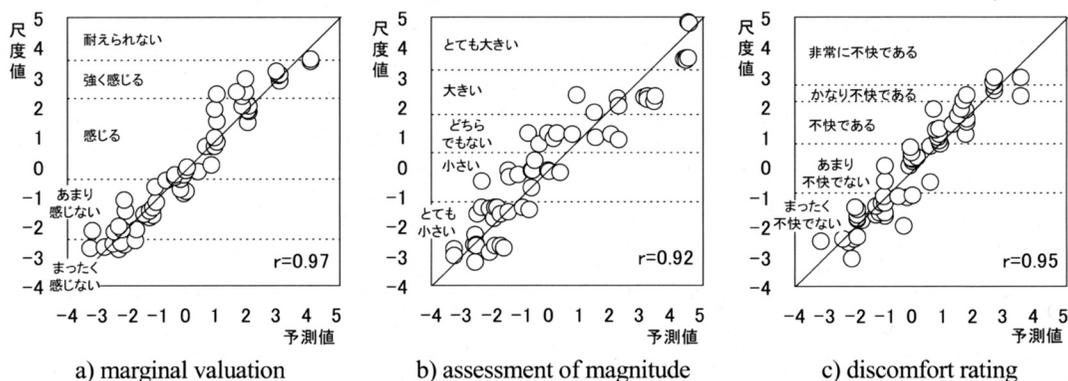


Fig. 4 Rating value of psychological response and predicted value by physical elements of horizontal vibration

が説明変数となる場合は低振動数、振動数が説明変数となる場合は高振動数の影響が強い傾向を表す。

また、鉛直振動の大きさや強さのように、加加速度など大きく変動する物理量に影響を受け、特に心理量が大きい範囲で大幅に変動する尺度もある。

6. おわりに

これまでに実施した被験者に対する振動実験の結果に基づいて、環境振動に対する心理量を物理量との関係からとらえた。その結果、鉛直・水平振動によって、同じ観点から評価された心理量に対しても、影響要因となる物理量が異なることがわかった。

実験で対象とした範囲に限られるが、鉛直振動では、速度や加速度が決定要因となる感覚、速度あるいは加速度を中心として、その他の物理量も複雑に影響をおよぼす心理量がある。一方、水平振動では、振動数特性が強く表れるため、加速度が主に決定要因となる一方、知覚限界以外の心理量は、振動数が高いほど小さくなる傾向がある。

系列範疇法を用いて一次元に位置づけられた環境振動に対する心理量を、振動数や加速度などの物理量から予測できる。今後は、実験などを通して予測値の妥当性を検証し、振動の物理量に基づいた心理量のシミュレーションを可能にしたい。

[要約]

本研究では、振動感覚の決定要因を分析し、振動の物理量によって環境振動に対する心理量を予測することを目的とする。過去に実施した被験者実験の結果に基づき、系列範疇法を用いて振動に対する心

理量を尺度値として評価する。さらに、心理評価の予測値を算出する重回帰式の変数として選択された振動の物理量から、心理評価の決定要因を考察する。

その結果、振動の方向によって、心理量に対して影響する物理量が異なり、一次元の尺度値として評価した環境振動に対する心理量は、振動の物理量から予測できることを見いだした。

引用文献

- 1) 野田千津子：居住性確保を考慮した水平振動感覚に関する基礎研究，日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科，創刊号，101-109，1995
- 2) 野田千津子，石川孝重：生活環境に近い状況下における横揺れに対する感覚とその評価，日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科，第6号，109-117，2000
- 3) 石川孝重，野田千津子：鉛直振動に対する知覚閾および感覚評価に関する実験的研究，日本建築学会環境系論文集，第588号，9-14，2005.2
- 4) 石川孝重，野田千津子：広振動数範囲を対象とした水平振動感覚の評価に対する検討，日本建築学会計画系論文集，第506号，9-16，1998.4
- 5) 野田千津子，石川孝重：視覚が水平振動感覚に及ぼす影響に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第525号，15-20，1999.11
- 6) 野田千津子，石川孝重：水平振動を受ける被験者の状況が知覚閾に及ぼす影響，日本建築学会計画系論文集，第524号，9-14，1999.10