

水平振動を対象とした人間の感覚に基づく確率手法による 居住性評価（2）

石川 孝重

— 視対象の違いによる検証と視覚刺激が言語表現に及ぼす影響に
関する分析 —

1. 研究の目的

居住環境の高層化に伴い、風などの応答によって生じる水平振動が、高層住宅における居住性確保の問題の1つとなっている。昨年度に続き、本研究ではこの水平振動の居住性評価の規範として、水平振動感覚に着目する。

我が国では、日本建築学会の居住性評価指針^(x1)にみるように、居住環境における振動は感じないことが前提とされている。そのため、体感で振動を感じるという、知覚閾を規範とした評価が主流を占めてきた。しかし実際の高層住宅の居住者にとって、風などによる揺れは日常的な問題であり、アンケート調査からも、地震や台風時だけでなく、日常的に吹く強い風で、かなりの日数で揺れを感じたことがある居住者が多いことが分かる。^(x2)

このような実状を鑑みると、これまでに行われてきた振動を感じないレベルにおさえるといった評価が、将来より難しくなることは容易に想定される。そこで、より広い範囲で使用性・居住性を評価するために、体感で感じる範囲の振動に対する不快感や不安感など、居住者の感覚に基づく許容限界の把握が急務である。知覚閾に関する既往研究には多くの蓄積がある^{(x3)~(x5)}一方、振動を感じる範囲における感覚を検討し、それを使用性・居住性評価に結び付けた研究は少ないのが現状である。

実際、居住者は体感で振動を感じるだけでなく、身近な物の揺れや風の音などによって揺れていることを認識することがある^{(x2)(x6)}。海外では早い時期から、強風時の高層建築物における振動知覚のきっかけとして、視覚的影響が検討事項として指摘されてきた^(x7)が、従来我が国では、ほとんどの既往研究も視覚的に外部と遮断した状態で実験を行っている^(x8)。このように、内外を通じて、水平振動の知覚にとどまらず、視覚刺激を考慮した感覚的・心理的反応を検討した研究はほとんどない。

そこで本研究では、より実状に即した評価を検討すべく、水平振動感覚に影響を与える周辺因子として視覚・聴覚因子に着目し、居住者の言葉から振動を評価することを目的として言語表現に着目している。昨年度は、縦じまを視対象とした実験の結果から、視覚刺激を考慮した水平振動感覚の基礎的特性を把握した^(x9)。また、SD法を用いて水平振動感覚を表現する言葉に着目し、言葉

の特質を決定する2つの性質と物理成分との関係を得た。

本年度は、この昨年度からの検討を踏まえ、縦じまを用いて行った数回の実験結果の対比から、水平振動感覚の評価にみられる特質を整理した。更に、これらの縦じまによる実験の結果を検証するために、視対象をより実状に近付ける目的で、高層住宅の模型を視対象とした実験を行った。一方、昨年度と同じようにSD法を用い、この視覚刺激が水平振動感覚の言語表現に与える影響を検討した。また、振動台に遮音底板を設置したり、映像実験の際に収録音声除去するなど、機械騒音を低減した実験を行い、聴覚因子の影響を検討した。その結果、聴覚因子に関しては、新しい実験の実施を含め、今後の検討が必要であることが分かった。本報では、視覚刺激を考慮した水平振動感覚の特質をまとめ、その言語表現と視対象の違いが、評価に与える影響について述べる。

2. 視覚刺激を考慮した水平振動感覚の評価の特質

縦じまを視対象として行った振動台と映像による3種類の実験の結果を比較し、実験条件による評価の違いを検討する。その結果から、視覚刺激を考慮した水平振動感覚における評価の特質を抽出する。

2.1 実験の概要

視覚刺激を考慮して刺激条件を変化させるため、表2-1に示す条件で、視対象と被験者の相対的な動きを

表2-1 視覚刺激を考慮した実験条件の一覧

		1)異なる刺激条件を別個に受ける実験	2)異なる刺激条件を順番に受ける実験	3)異なる刺激条件を互いに比較する実験
提示方法	振動台	体感刺激のみ 体感・視覚両方	体感刺激のみ 体感・視覚両方	体感刺激のみ 体感・視覚両方
	映像	視覚刺激のみ	視覚刺激のみ	視覚刺激のみ
順序	別個	○	○	○
人数年齢	振動台	33名 (男8・女25:16~48歳)	42名 (男13・女29:18~50歳)	25名 (男15・女10:20~39歳)
	映像	25名 (男1・女24:18~24歳)	24名 (男7・女17:18~31歳)	-
物理量	振動数	0.1~2.5Hz	0.1~1.6Hz	0.1~1.6Hz
	加速度	1.6~400gal	1.6~400gal	1.6~400gal
	変位	0.04~10cm	0.25~10cm	0.25~10cm
振動対象数	31(無入力を含む)	16(無入力を含む)	27	
刺激の分化	×	○	○	
評価方法		刺激条件ごとの標準振動を基準とした評価	刺激条件ごとの標準振動を基準とした評価	体感刺激のみを受ける場合の標準振動を目安に各刺激条件を比較する評価

変化させた3種類の実験を行った。刺激条件を単純化するため、ここでは体感刺激と視覚刺激の単純な組合せを考え、具体的には、次の3条件を代表例として取り上げた。まず、被験者が振動を体感し、視対象が被験者と同じように動くために、被験者からは相対的に止まって見える場合（体感刺激のみを受ける場合）と、視対象は止まっているために、被験者からは相対的に自分の動きと同じように動いて見える場合（体感・視覚刺激の両方を受ける場合）を設定した。更に視対象が相対的に動いて見える条件として、被験者は振動を体感せずに視対象のみが動く場合（視覚刺激のみを受ける場合）である。

振動台による実験では、図2-1のように振動台上に設置した鋼材製の居室の中で、被験者は壁の高さ80cmにある幅140cm高さ100cmの窓から約140cm離れ、窓の方を向いて腰掛ける。このような被験者に対し、左右方向に定常的な水平振動を与えた。視対象は白と黒の5cmピッチの縦じまとし、窓の外側に接するように設置した。視覚刺激のみを受ける場合には窓の外側に視対象を貼り、被験者は振動台の外から窓を通して視対象の動きを見る。映像による実験では、振動台による実験の視対象の動きを撮影した映像を、静止した被験者に提示した。視覚刺

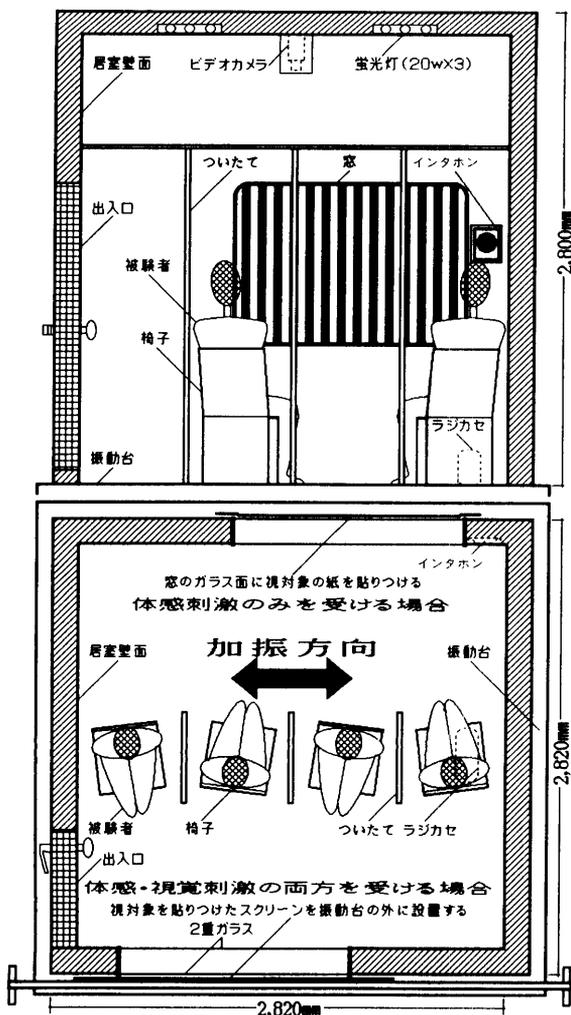


図2-1 視覚刺激を考慮した実験の状況

激のみを受ける場合、視対象の実際の動きとその映像を見る場合に評価値の違いはほとんどなく、視対象の提示方法が評価に影響を与えないことを検証している²⁾¹⁰⁾。

入力振動は正弦振動を目指した波形とし、強風や地震による高層住宅の応答を想定して、振動数0.1~2.5Hz、加速度最大値1.6~400gal、変位最大値0.04~10cm（以降、単に加速度、変位とする）の範囲で、各実験ごとに表2-1に示すような数の入力振動を設定した。

異なる刺激条件を別個に受ける実験と順番に受ける実験では、評価の基準としてNo.1(0.63Hz, 25gal, 1.6cm)を始めに30秒間与え、約10秒間振動を停止し、更に対象とした振動の中から任意の1振動を約180秒与える。被験者は、刺激条件ごとに基準となる振動と各振動を比較して回答する。一方、異なる刺激条件を互いに比較する実験では基準となる振動を与えず、被験者は各振動を感じながらアンケートに回答する。この実験では、数回の実験を始める前ごとに、回答の目安として体感刺激のみを受ける場合のNo.1を1回体験する。

また、異なる刺激条件を順番に受ける実験と互いに比較する実験では、3回の実験を1組として、被験者は各刺激条件を提示する場所を順番に移動し、アンケートに回答する。その際に、1回目の実験で受けた刺激条件の振動に対する評価を基準として、2、3回目に受ける刺激条件を比較してアンケートに回答する。

2.2 大きさ度合の場合

実施したアンケートの中から、水平振動を感じた大きさを表現する大きさ度合を取り上げる。大きさ度合では、

$$\text{大きさ度合} = \left(\quad \right) / 100$$

このような尺度を用い、No.1の感じた大きさを100として、各振動の感じた大きさを数値で表現する。異なる刺激条件を別個に受ける実験と順番に受ける実験では、各実験で基準となるNo.1を受けるため、各刺激条件ごとにNo.1を基準とした相対評価を行うことになる。一方、異なる刺激条件を互いに比較する実験では、100の目安となるのは、体感刺激のみを受ける場合のNo.1に対する評価である。このように、3種類の実験を比較する場合、体感刺激のみを受ける場合には、評価の基準である100とする刺激条件が同じであるが、体感・視覚刺激の両方を受ける場合と視覚刺激のみを受ける場合では、実験によって基準となる刺激条件が異なることに注意を要する。

図2-2に、体感刺激のみを受ける場合の各実験の評価の平均値を示す。各実験の平均値はほぼ等しく、体感刺激のみを受ける場合のNo.1を基準の100とする条件が同じであるため、評価値の違いが最も小さい。

一方、図2-3に示す体感・視覚刺激の両方を受ける

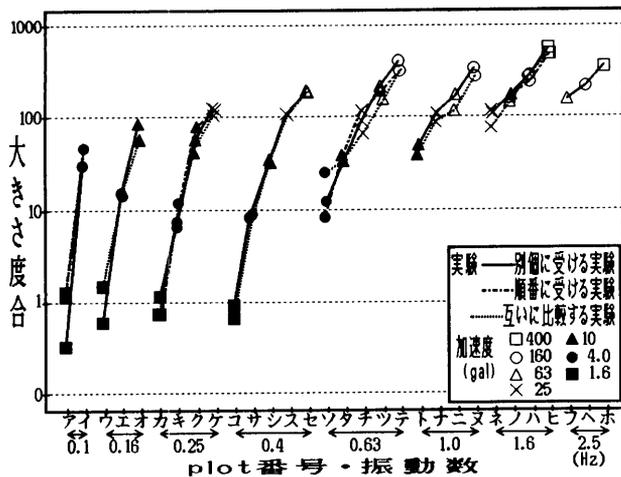


図 2-2 体感刺激のみを受ける場合の異なる実験の大きさ度合の平均値

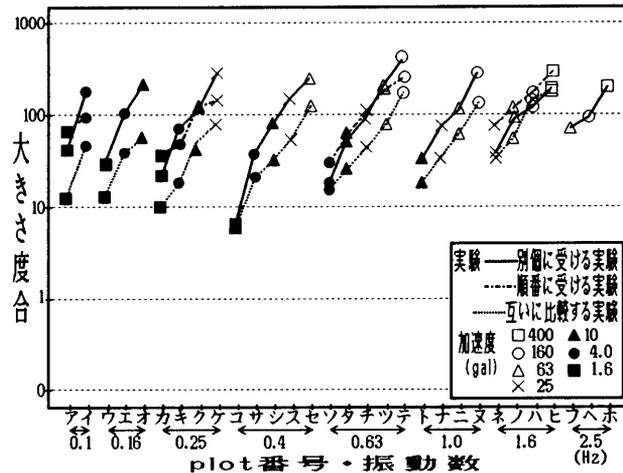


図 2-4 視覚刺激のみを受ける場合の異なる実験の大きさ度合の平均値

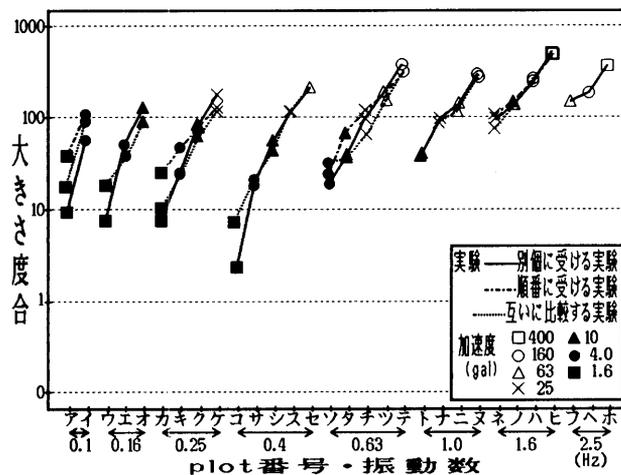


図 2-3 体感・視覚刺激の両方を受ける場合の異なる実験の大きさ度合の平均値

場合には、実験条件に伴う視覚刺激に対する意識の違いによって、評価値が若干異なる。評価の基盤となる体感に対する刺激が小さい振動数・加速度が中位以下の範囲では評価値がばらつくが、体感に対する刺激が大きい高振動数・高加速度範囲では評価値がほぼ等しく、諸条件によらず、刺激となる水平振動の物理量によって評価が決定されることが分かる。全体的には評価の基盤となる体感が存在するため、評価値の差はそれほどでない。

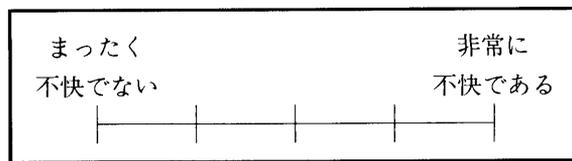
一方、図 2-4 に示す視覚刺激のみを受ける場合には、体感に対する刺激がないため、他の刺激条件との比較や視覚刺激から得た振動の物理的な情報を使った想定で評価を決定する傾向が強くなる。すなわち、心理的判断としての性質が強いためばらつきも大きく、実験の実施条件が評価に影響し、各実験の評価値が異なる。視覚刺激のみを受ける場合の標準振動を感じた大きさは、体感が存在する場合と比較してより小さい。そのため、各刺激条件ごとに No. ちとの相対評価を行う、異なる刺激条件を

別個に受ける実験と順番に受ける実験では、No. ちの大きさ度合を 100 に底上げる影響が大きく、体感刺激のみを受ける場合の No. ちを目安に比較する異なる刺激条件を互いに比較する実験の評価値との差が大きい。このように、視覚刺激を考慮した水平振動感覚の表現では、判断の基準の違いが評価に与える影響が最も大きいことが分かる。

一方、体感・視覚刺激の両方を受ける場合にみるように、体感が存在する場合には、一般的に振動として認識される体感、すなわち刺激の大きさを決定する要因として、振動の物理量の大小が判断の基盤となる。そのため、体感に対する刺激量が多い場合には物理量によって評価が決定され、刺激量が小さい場合には他の要因が評価に影響し、評価値がばらつくことが分かる。

2.3 不快度合の場合

更に、実施したアンケートの中から、振動に対する不快感を表現する不快度合を取り上げる。不快度合では、



このような 5 段階の尺度を用いて、各振動に対する不快感を表現する。刺激条件ごとに No. ちとの相対評価を行う実験では、No. ちと各振動の評価値の差をとり、各振動の実験を行った際の、No. ちの評価の平均値を用いて補正した値を評価値とする。不快度合の評価値は、まったく不快でないを 1、非常に不快であるを 5 として、尺度の各段階に 1～5 の数値を当てはめて評価した。

図 2-5 に、体感刺激のみを受ける場合の各実験の不快度合の評価の平均値を示す。刺激条件ごとに No. ちとの相対評価を行う、異なる刺激条件を別個に受ける実験と順番に受ける実験の評価値はほぼ等しいが、異なる刺激

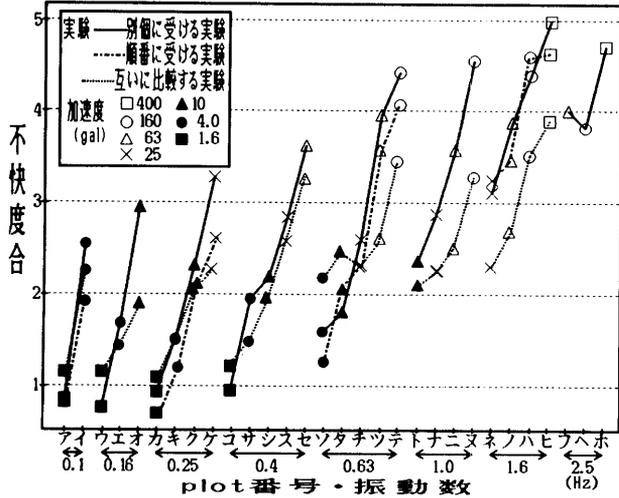


図2-5 体感刺激のみを受ける場合の異なる実験の不快度合の平均値

条件を比較する実験の評価値だけは、その評価値・分散範囲・変動の仕方ともに傾向がかなり異なる。

これは図2-6に示す体感・視覚刺激の両方を受ける場合でも同じであり、大きき度合と同じように、判断の基準の違いが評価に最も影響を与えることが分かる。大きき度合と比較して、基準の違いによる評価値の差が大きいが、不快度合では基準に与える評価値も各被験者が設定するため、違いがより大きくなるものと推察できる。

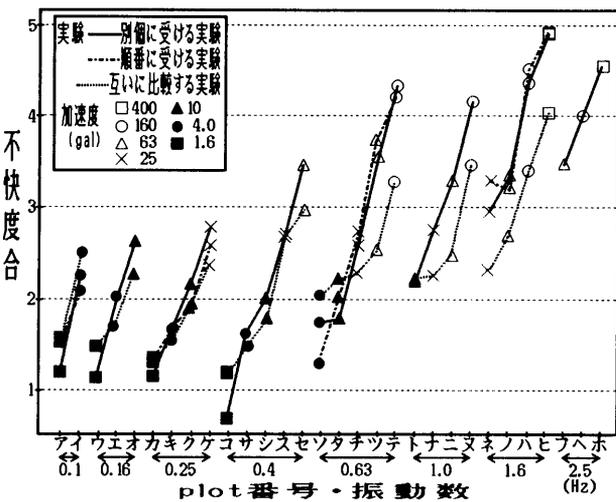


図2-6 体感・視覚刺激の両方を受ける場合の異なる実験の不快度合の平均値

一方、図2-7に示す視覚刺激のみを受ける場合には、各実験の評価値の差が大きい。体感に対する刺激が存在しないことにより、その他の諸条件による影響を受けやすいものと推察できる。

このことから、水平振動に対する不快感とは体感によってほぼ決定されるものと考えられる。体感刺激が存在する2条件では、その他の条件が異なる実験間でも、No.チ

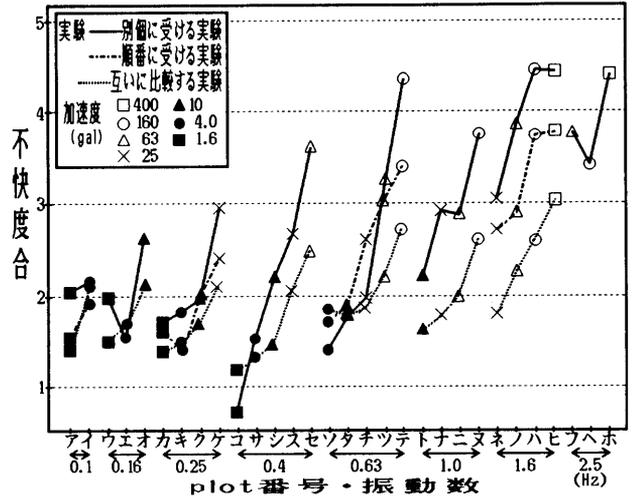


図2-7 視覚刺激のみを受ける場合の異なる実験の不快度合の平均値

に対する相対評価はほぼ等しいが、判断を決定する刺激となる体感刺激が存在しない場合には、実験によって評価値に大きな差が生じる。不快感の表現は心理的・感覚的反応としての性質がより強く、振動の物理量の客観的な尺度となる視覚情報よりも、刺激量として身体内部の感覚受容器に直接働き掛ける体感に支配される傾向が強いものと推察される。

2.4 水平振動感覚における評価の特質

以上の実験結果の比較より、水平振動感覚における評価の特質を抽出する。

諸条件が評価に与える影響の大きさを決定する前提となるのは、判断の決定材料が少ないほど諸条件が強く影響することである。すなわち、対象となる刺激の有無やその大きさ、感覚の表現の性質、評価の基準の明確さなどによって、諸条件の影響の強さは異なる。このことは、不快度合の方が、各実験の評価値の傾向が大きく異なること、一般的に振動として認識されている体感が存在しない視覚刺激のみを受ける場合に、評価値は諸条件の影響を受けやすく、ばらつきが大きいこと、体感に対する刺激量が小さい低振動数・低加速度範囲では、刺激条件によって評価が異なることなどから実証できる。

また、これらの実験条件よりも、刺激である振動の物理量が評価値に与える影響が最も大きく、振動の物理的な刺激量が大きいほど、その大ききで評価値が決定され、他の諸条件によらず、各実験の評価値はほぼ等しい。

これらを前提として、水平振動感覚は相対的な比較判断から表現される。そのため、比較して判断する上でどのような効果を及ぼすかという点から、諸条件の影響を説明することができ、それによって影響の程度、仕方が決定される。そのため、判断の基準とする刺激の違いが評価に最も大きく影響する。刺激条件ごとに評価するか、

異なる刺激条件を直接比較するかは、他の刺激条件に対する評価値の記憶として、比較の対象が明確であるか否かの違いとなり、評価値のばらつきを生む。同じように、評価の基準を実験ごとに与えるか、数回に1回与えるかは、基準が明確になるか否かの違いとなるが、同じ刺激条件の同じ振動を基準にする場合はほとんど影響しない。

これらの評価における特質は、実験における表現、すなわち回答するアンケートの方法が、その評価値を左右することを示唆するものであり、今後の実験計画及びその考察に対して注意を喚起するものである。

3. 視対象の違いが水平振動感覚に与える影響

以上のような縦じまを用いた実験の結果を踏まえ、視対象をより実状に近付けることを目的として、高層住宅模型を視対象として提示する実験を行った。

3.1 実験の概要

実験では、図3-1のように、縦じまを用いた一連の実験と同じように、振動台上に鋼材製の居室を設置し、女性43名の被験者（年齢18～25歳）は椅子に腰掛ける。このような被験者に対し、左右方向に定常的な水平振動を与えた。被験者は窓を通して、振動台の外に設置した視対象を見ることができ、それぞれの視対象は止まって

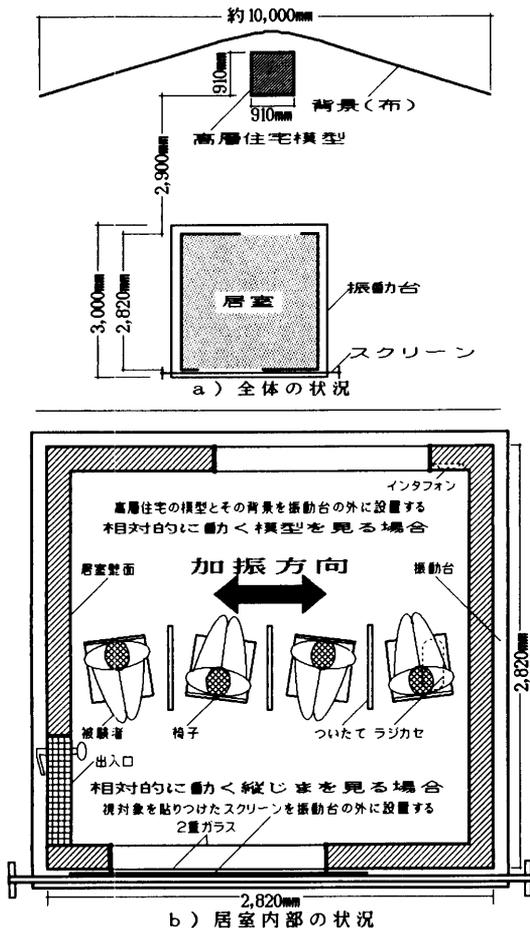


図3-1 視対象の違いを考慮した実験の状況

いるために、被験者からは相対的に動いて見える。1つの視対象は既存の高層住宅をモデルとした1/30の模型を用い、居室壁面より約290cm離して設置した。居室の別の窓面には、これまでの一連の流れを踏まえて、白と黒の5cmピッチの縦じまを視対象とし、窓の外側に接するように設置したスクリーンに貼った。

また本実験では、水平振動感覚の表現が実験方法の違いなどによってばらつきをもつと考え、2種類の方法で実験を行い、そのばらつき量を考慮して評価する。具体的な実験方法は、2回の実験を1組とし、被験者が各視対象を提示する場所を交互に移動して、被験者自身が模型と縦じまを比較する方法（20名）と、模型と縦じまを提示する実験を別個に行う方法（23名）である。

入力振動は、縦じまを用いた異なる刺激条件を互いに比較する実験と同じ範囲の、No.7～ヒまでの27種類の振動である。アンケートの方法も、異なる刺激条件を互いに比較する実験と同じように、No.チを回答の目安として行った。各実験の振動の入力時間は約180～210秒であり、被験者全員が回答し終わった時点で終了とした。

3.2 視対象の違いが評価に与える影響

図3-2に、2種類の実験方法の違いによる評価の幅を網がけで示し、高層住宅模型と縦じまに対する大きさ度合の平均値の変動を示す。先に、縦じまを用いた実験の結果で検証したように、模型と縦じまを比較する場合には、各被験者が各自で大小関係を比較して回答しているため、その違いがより明確になりやすい。一方、別個に評価した場合には、被験者は比較して判断するための基準をもたず別々に評価するため、やはり評価値のばらつきが大きい。しかし、模型と縦じまに対する評価の大小関係を中心とした傾向は等しいため、ここでは、水平振動の大きさの表現におけるばらつき量として扱う。

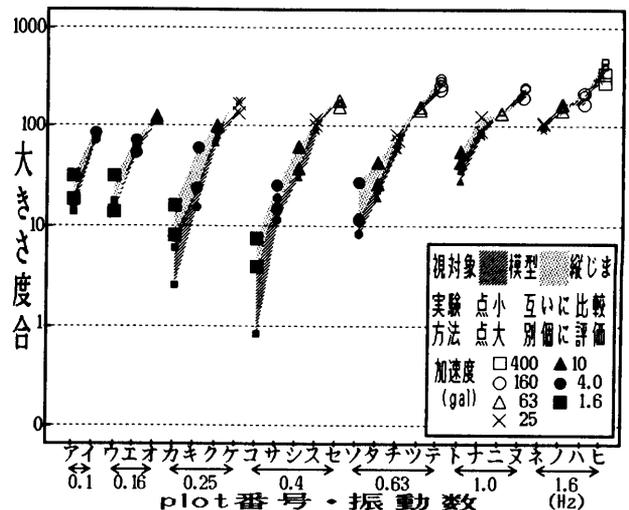


図3-2 異なる視対象の大きさ度合の平均値

視対象の違いに着目すると、加速度が小さいほど模型と縦じまに対する評価の差が大きく、加速度が大きいほど模型と縦じまの評価は等しくなる。加速度が小さい範囲では、変位が小さい振動に対して、模型を見る場合の大きさ度合が特に小さいが、全体的には、視対象の違いによらず平均値がほぼ等しい振動が多く、これまでにみた実験条件の違いが評価に与える影響と比較しても、視対象の違いは評価にほとんど影響しないことが分かる。

前報^{2,9)}で縦じまを用いた実験結果から述べたように、水平振動感覚の主要な要因となる体感が依存する加速度の大きさによって、振動の物理的な情報を確認する要因となる視覚刺激が水平振動感覚に与える影響量が異なる。先に述べた視対象の違いによる影響も、視覚刺激の影響量と対応して異なるため、加速度の大きさによって分けて考える必要がある。体感は加速度に依存するため、加速度が大きく、体感に対する刺激量大きいほど、視覚刺激の影響は小さく、体感によって大きさ度合が決定されるため、視対象の違いは評価にほとんど影響しない。

一方、加速度が小さく、体感に対する刺激量が小さい範囲では、視覚刺激の影響が大きいため、視覚刺激となる視対象の違いが評価に影響を与える。加速度が特に小さい振動は体感で感じない範囲であり、この場合には人間は視覚刺激から、すなわち視対象の動きを見ることで揺れていることを認識する。この加速度が小さい範囲では、視対象が立体となり、自分からの距離が遠くなると、判断を決定する基準となる視覚情報、すなわち変位がより小さく見えるため、振動をより小さく感じる。ここでは、被験者自身が受けている振動の物理量を軸に比較したが、このように視対象の違いによる影響は、被験者から見える変位の大きさと対応していることも類推できる。

一方、体感の支配的要因である加速度が小さい場合にも、視覚刺激の決定要因となる変位が大きい場合には、視対象によらず、視対象の動きを見ることで自分が受けている振動の変位を容易に把握できるため、変位が大きい振動は、視対象によらず感じた大きさがほぼ等しい。

このように、視対象の違いが評価に与える影響は、水平振動感覚に対する視覚刺激の影響量と対応して異なる。

図3-3に示す不快度合でも以上の傾向はほぼ等しいが、不快度合はより心理的な判断を含む評価のため、大きさ度合と比較して、全体的にばらつきが大きい。

3.3 物理成分との関係

図3-4に、大きさ度合の各振動の平均値を直線補間した等評価曲線を示す。縦じまと高層住宅模型の場合ともに、0.63Hz付近より低振動数範囲では、視覚刺激に対して支配的な変位の影響が強くみられる。一方、より高振動数範囲では、体感が依存する加速度に若干沿う傾向がみられる。低加速度・低振動数の範囲では加速度に沿

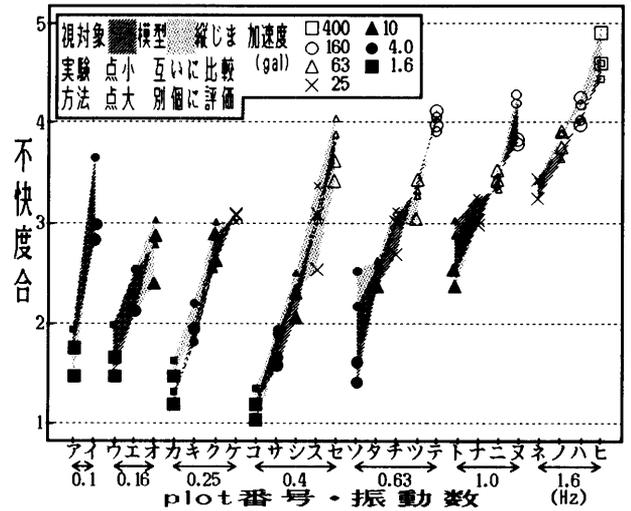


図3-3 異なる視対象の不快度合の平均値

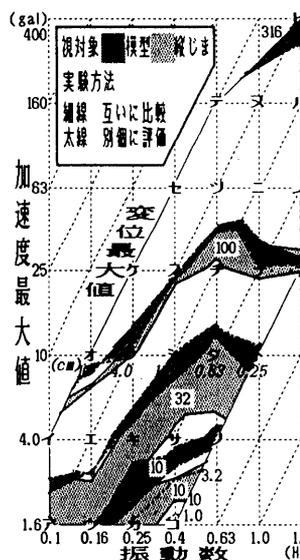


図3-4 大きさ度合の等評価曲線

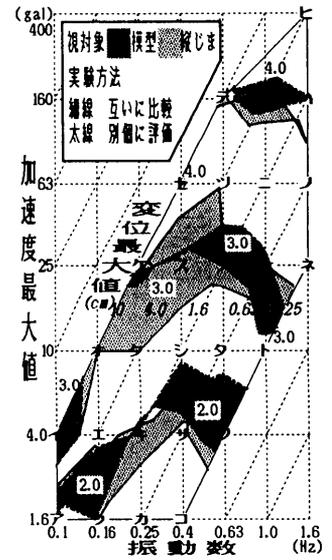


図3-5 不快度合の等評価曲線

う傾向もみられ、体感に対する刺激量が小さいことと関連し、加速度に依存した評価が行われるものと推察できる。このように物理成分との関係からも、視対象の違いはほとんど影響しないことが分かる。しかし、振動感覚の主要な要素である体感が依存する加速度が小さい範囲では、評価は変位によって決定される傾向が強いため、視対象によって異なる変位の認識しやすさ、見やすさの違いと対応して、変位が小さい範囲の傾向が異なる。

図3-5に示す不快度合では、全体的な傾向は複雑であり、等評価曲線の大小関係が変化する。加速度が大きく、変位が小さい範囲ほど、加速度の影響がみられる。

一方、加速度が小さい範囲では、変位が小さい範囲ほど、不快度合が小さく、模型を見る場合の方が大きさを小さいと感じる範囲が広いことも対応して、不快度合が小さい範囲が若干広い。一方、変位が大きい範囲では、

視対象によらずほぼ同じ傾向がみられ、体感に対する刺激量が小さく、視覚に対する刺激として把握しやすい変位が大きいことが不快度合を決定している。

振動感覚の主要な要素である体感に対して、視覚は振動の物理的な情報を補填する。そのため、視対象の違いは視覚情報となる変位の見やすさ、すなわち被験者から見える変位の大きさと対応して評価に影響を与える。刺激として受けている振動の変位が大きい範囲では、視対象によらず、自分が受けている振動の変位の大きさを明確に把握できるため評価はほぼ一定となる。一方、自分が受けている振動の変位が小さい範囲では、微妙な動きを認識しやすい縦じまの方が評価が厳しくなる。

4. 視覚刺激を考慮した水平振動感覚を表現する言葉

4.1 実験の概要

視覚刺激を考慮した水平振動感覚を表現する言葉を知るために、縦じまを用いた異なる刺激条件を別個に受ける実験で行ったアンケートの中からSD法に着目する。被験者は任意の1種類の振動を感じながら、SD法の形容詞対に7段階で回答する。余裕をもって回答できるように、入力時間を180秒程度で調整した。結果の図4-3に示す14組の形容詞対は、文献11)などに述べた知見を踏まえ、振動感覚と関連が強いと考えられるものを中心に、文献12)などでSD法の基本尺度とされる形容詞を含めて設定した。縦じまを用いた実験の結果にみるように、視覚刺激のみを受ける場合には、主要な要素となる体感が存在しないため、振動感覚ととらえて表現することは難しい⁹⁾。そのためここでは、被験者が振動を体感する2つの条件、体感刺激のみを受ける場合と体感・視覚刺激の両方を受ける場合の結果を比較し、視覚刺激が水平振動感覚を表現する言葉に与える影響を検討する。

4.2 SD法の形容詞対の特質の抽出

形容詞対に共通する性質をより明確に把握するために因子分析を行い、更に、全形容詞対の変動をより小数の変量に集約するために主成分分析を行った。視覚刺激の有無によらず、両分析の結果はほぼ等しく、これらの形容詞対は水平振動感覚を表現する形容詞対としてほぼ同じような意味でとらえられている。

因子分析では、主因子法を用い、共通性の初期値を重相関係数の2乗として反復推定し、バリマックス回転を行った。刺激条件によらず、第2因子までの累積

寄与率は90%程度である。特に、第1因子は75%程度と寄与率が高く、寄与率が約13%程度の第2因子に対して、5倍以上の重みで各形容詞対の性質を説明できる。

形容詞対に対する各因子の因子負荷量を、図4-1に2次元グラフで表現する。刺激条件によらず、第1因子は不快な/快いなどの評価性が強い形容詞対、第2因子は、遅い/速いなどの活動性が強い形容詞対に対して負荷量が高い。この2つの因子が表す性質の違いは、各形容詞対が着目する対象の違いによるものである。評価性は刺激の受け手である人間に着目する性質であり、活動性は刺激である振動に着目する性質である。

一方、図4-2に示す主成分分析では、弱い/強いなどの力量性が強い形容詞対の負荷量が第1主成分に対して高い。また、第2主成分に対しては活動性、第3主成分に対しては評価性が強い形容詞対の負荷量が高い。採択した第3主成分までで、SD法の結果に共通して抽出される力量性、活動性、評価性を表している。その累積寄与率は80%程度であるが、第1主成分の寄与率は60%程度と特に高く、第2、第3主成分により表される活動性、評価性に対して、力量性の位置付けが高い。この性質は振動のもつ強さ、振動が感覚に働き掛ける強さを表す。これは、全形容詞対に共通した基盤となる性質であり、その強さが形容詞対によって異なる。

4.3 特質に基づく形容詞対の分類

これらの3つの性質に基づき、評価の特質から形容詞対を分類する。形容詞対相互の相関係数を図4-3に示す。相関係数が高い形容詞対を、評価の特質が類似したグループとしてまとめると、図の中で囲ったように、上述の3つの性質が強い形容詞対同志をまとめることができ、刺激条件の違いによらずほぼ同じ分類を得る。水平振動感覚を表現する形容詞対の特質は視覚刺激の有無によらずほぼ等しく、体感を主要な要因とすることが分かる。これは形容詞対の特質を決定する上で、力量性の位置付けが最も高いことと関連する。振動の強さを表す性質は体感との関連が強い。そのため、弱い/強いなどの

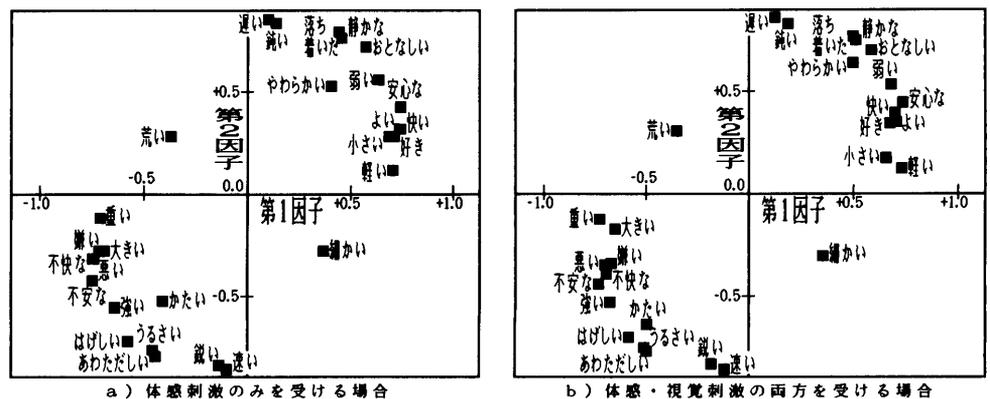


図4-1 因子分析による形容詞対の因子負荷量

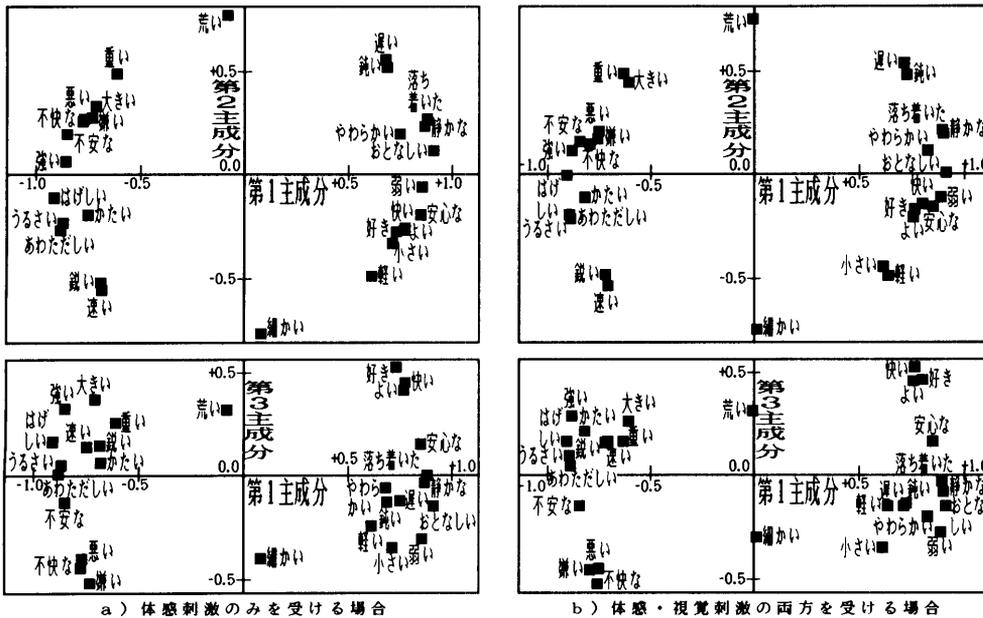


図4-2 主成分分析による形容詞対の主成分負荷量

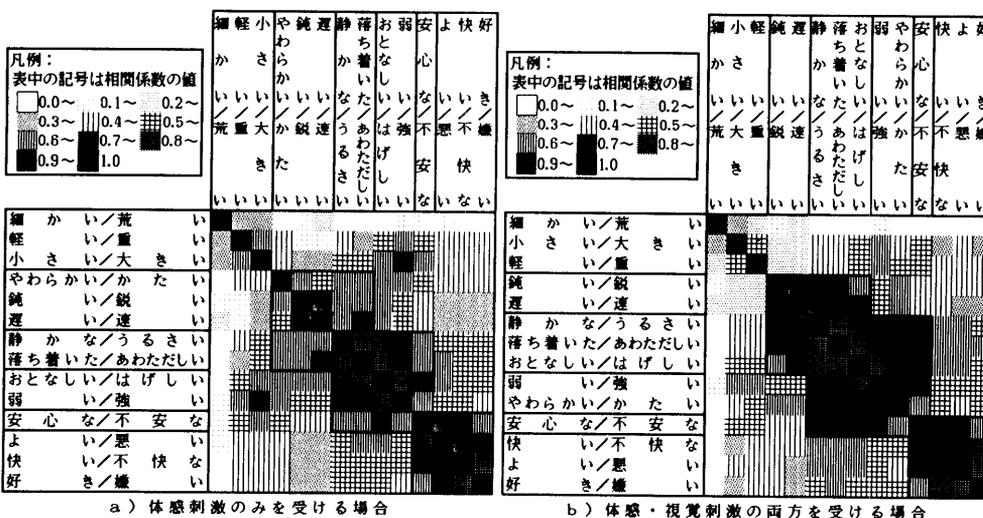


図4-3 形容詞対の相関係数

力量性が強い形容詞対は刺激条件によらず等しい。

これは、評価性が強い形容詞対についても同様であり、刺激の受け手である人間に着目する場合、その感覚の表現は体感との関連が強い。また、刺激である振動に着目する性質をもつ多くの形容詞対に対して、人間に着目する評価性の強い形容詞対は特徴的であり、好き／嫌いなどを中心に、明確な1つのグループを形成する。

一方、視覚刺激の有無は刺激である振動に着目する性質である活動性の強い形容詞対に影響を与える。体感刺激のみを受ける場合には、物理成分の特性を確認する情報として有効な視覚刺激が存在しないため、活動性が強い形容詞対のグループは明確でない。一方、体感・視覚刺激の両方を受ける場合には、より多くの刺激から振動の物理的特性の情報を得て、振動の性質をより明確に表

現できる。このように、振動がもつ強さ、感覚に働き掛ける強さと関連が強い体感に対して、視覚刺激は振動の物理的な情報を確認する要因としてとらえられている。

4.4 形容詞対の特質と物理成分との関係

以上の3つの特質を代表する形容詞対について、各振動の平均値を直線補間した等評価曲線を示す。

図4-4の遅い／速いにみるように、振動の物理的特性に着目した活動性は振動数との関連が強い。体感刺激のみを受ける場合には、加速度が小さめの範囲で曲線が複雑な傾向を示す一方、体感・視覚刺激の両方を受ける場合には、ほぼ全範囲で振動数が支配的である。

一方、図4-5に示す弱い／強いのように、振動の強さは加速度と関連する。刺激条件によらず曲線の傾向は等しく、力量性は体感によりほぼ決定される。体感・視覚刺激の両方を受ける場合には、加速度、速度、変位に依存する範囲があり、視覚から確認した物理量と

対応して評価されるものと考えられる。

図4-6に示す評価性の強い、快い／不快なでも、刺激条件によらず曲線の傾向はほぼ等しい。加速度だけでなく速度の影響もみられ、振動のより総合的な強さと対応している。体感刺激のみを受ける場合には、加速度が低い範囲にみられる肯定的な範囲の曲線が加速度に沿う傾向が強い。この範囲の振動を体感で感じないことから、評価が肯定的に傾くことが分かる。

これらの形容詞対に共通するように、加速度が低い範囲では体感に対する刺激量が小さいため、視覚刺激がない場合には評価の決定が難しく、等評価曲線は物理成分と一定の関係を示さない。一方、視覚刺激から物理成分の情報を得る場合には、ほぼ全範囲で物理成分との明確な関係がみられる。

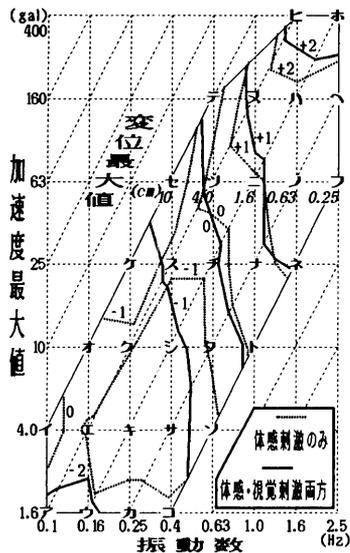


図4-4 遅い(-)/速い(+)
の等評価曲線

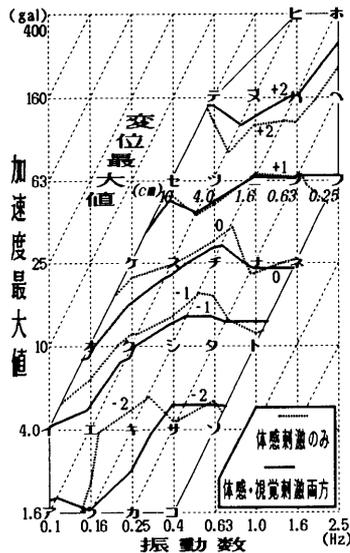


図4-5 弱い(-)/強い(+)
の等評価曲線

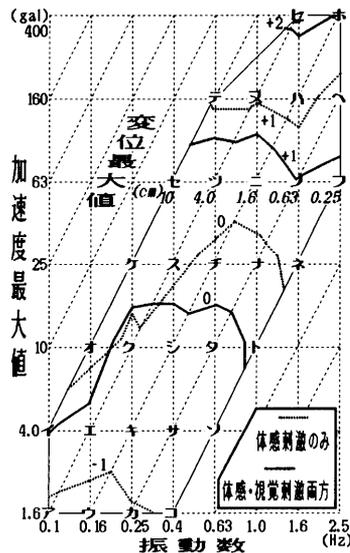


図4-6 早い(-)/不快な(+)
の等評価曲線

5. 結語

高層居住環境における居住性評価の指標として水平振動感覚に着目し、より実状に即した評価を目指して、視覚刺激と言語表現に着目して実験を行った。

まず、縦じまを視対象とした実験の結果から、視覚刺激を考慮した水平振動感覚の評価の特質を抽出した。刺激となる振動の物理量の大小が水平振動感覚の評

4.5 特質に基づく水平振動の類型化

更に、主成分得点を説明変数としてクラスター分析を行い、刺激となる水平振動を形容詞対の特質から類型化する。クラスター間の距離にはユークリッド距離を用い、融合後の距離の計算方法は最遠隣法を用いて分析した。

振動の種類ごとに行った集計結果から、集中度合いの大きい振動と物理成分との関係を図4-7に示す。体感刺激のみを受ける場合には、加速度が大きい範囲で振動の性質をとらえやすく、振動は体感・視覚刺激の両方を受ける場合には、変位と関連して類型化される。体感で感じない振動は1つのクラスターとなるが、体感に対する刺激量が小さくても、視覚から振動の情報を得ており、それが変位と関連した振動の分化につながる。

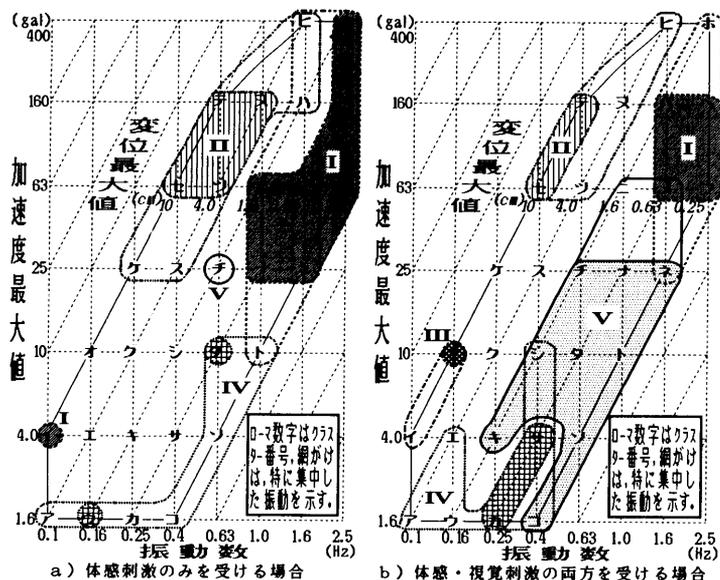


図4-7 振動の類型と物理成分との関係

価を決定するが、その評価は相対的な判断により表現される。そのため、実験条件などが評価に与える影響は、比較して判断する上でどのような効果を及ぼすかという点から説明できる。そのため、評価の基準となる刺激条件の違いが評価に与える影響が最も大きいことが分かった。

更に、このような縦じまに対する評価を、より実状に近付けるために、高層住宅模型を用いて実験を行った。視対象の違いが評価に与える影響は、視覚刺激が水平振動感覚に与える影響と対応して変動する。視覚刺激の影響は体感が依存する加速度の大小と対応して変動するため、視対象の違いが与える影響も加速度の大きさによって分けて考える必要がある。加速度が大きい範囲では、視覚刺激の影響は小さく、体感によって評価が決定されるため、視対象の違いは評価にほとんど影響を与えない。

一方で、加速度が小さい範囲では、視対象は変位の見やすさの違いとして評価に影響を与え、視覚情報となる変位を見やすい縦じまの方が評価が厳しい傾向がみられた。

また、視覚刺激が水平振動感覚を表現する言葉に与える影響を検討した。視覚刺激の有無は、水平振動感覚を表現する形容詞対の特質に影響をほとんど与えない。視覚刺激の有無によらず、振動の強さを表す力量性が基盤となり、更に着目する対象の違いが、水平振動感覚を表現する形容詞対の特質を決定する。これらの形容詞対は、着目する対象の違いによって、刺激となる振動に着目する活動性が強い形容詞対と、受け手である人間に着目する評価性が強い形容詞対に分かれる。

その一方で、視覚刺激は水平振動の物理成分を確証する要因となるため、水平振動感覚を表現す

る形容詞対と物理成分との関係に影響を与える。視覚刺激は、体感刺激に依存する傾向が強い力量性、評価性が強い形容詞対にほとんど影響を与えない。一方、視覚刺激が存在することで、振動の性質を表現する活動性が強い形容詞対では、変位を中心とした物理成分との関係がより明確になる。また、形容詞対の特質による振動の類型も、視覚刺激が存在しない場合は加速度と関連するが、視覚刺激が存在する場合には全体的に変位の影響が強い類型となる。

このように、それぞれ依存する物理成分が異なることから、視覚刺激と体感刺激は質の異なる刺激であることが分かる。日常的により長時間振動を感じるようになる高層居住環境において、居住性を確保するためには、これまでの体感刺激を基盤とした評価ではなく、視覚刺激を考慮した水平振動感覚に基づく、新しい考え方による評価が必要である。今後は、実態調査の結果なども加味し、視覚刺激を考慮した水平振動感覚に基づく、具体的な評価指標の提案を行いたい。

謝 辞

実験の実施に際しては、日本女子大学、東京大学生産技術研究所、東京大学、千葉大学などの教職員、学生、大学院生をはじめ、多くの方々に被験者として実験に参加して頂いた。深く謝意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説、第1版、1991.4
- 2) 石川孝重、植草友枝、一力ゆう、野田千津子：高層住宅の居住性をふまえた揺れ感覚に関する調査研究—その1 アンケートの概要とその結果—、日本建築学会大会学術講演梗概集<環境工学>、pp.95~96、1993.9
- 3) 財国土開発技術センター：超高層住宅における「ゆれ」「振動」が居住性に与える影響に関する研究報告書、住宅・都市整備公団、1989.3
- 4) 山田水城、宇野英隆、後藤剛史：長周期振動に対する人間の感応性に関する研究、日本建築学会関東支部第39回学術研究発表会、pp.49~52、1968
- 5) 佐野行雄、神田順、田村幸雄、藤井邦雄、大築民夫、草加俊資：長周期水平振動の知覚閾に関する基礎的研究（その1）—一方向正弦波による座位と臥位の場合—、日本建築学会大会学術講演梗概集<環境工学>、pp.225~226、1989.10
- 6) 石川孝重、野田千津子：水平方向の揺れ感覚に対する振動実験と実態調査に関する研究—その4 実験による自由記述とアンケートによる実状調査の分析—、日本建築学会大会学術講演梗概集<環境工学>、pp.321~322、1991.9
- 7) Robert J.Hansen, John W.Reed, Erik H.Vanmarcke：HUMAN RESPONSE TO WIND-INDUCED MOTION OF BUILDINGS, JOURNAL OF THE STRUCTURAL DIVISION, Vol.99, No.ST7, pp.1589~1605, Proceedings of the American Society Civil Engineers, July 1973
- 8) 沼田竜一、石川孝重、野田千津子：水平振動感覚に関する文献調査—その1 調査の概要と既往研究の実験条件—、日本建築学会大会学術講演梗概集<構造I>、pp.953~954、1993.9

- 9) 石川孝重：研究No.9225水平振動を対象とした人間の感覚に基づく確率手法による居住性評価(1)—視覚因子の影響と言語表現に関する分析—、住宅総合研究財団研究年報No.20、pp.359~368、1993.3
- 10) 野田千津子、石川孝重、隈澤文俊、岡田恒男：視覚因子を考慮した水平振動感覚に関する研究—その4 因子と物理成分との関係に着目した考察—、日本建築学会大会学術講演梗概集<環境工学>、pp.105~106、1993.9
- 11) 石川孝重、野田千津子、隈澤文俊、岡田恒男：水平振動感覚を表現する形容詞・用語がもつ意味、日本建築学会計画系論文報告集、第455号、pp.9~16、1994.1
- 12) 大山正、池田央、武藤真介：心理測定・統計法、有斐閣、初版、1971.9.30

<研究組織>

主査	石川 孝重	日本女子大学住居学科	助教授
委員	平田 京子	尚絅女学院短期大学	専任講師
	伊村 則子	日本女子大学住居学科	助手
	野田千津子	小山工業高等専門学校	助手
		(当時 日本女子大学大学院)	研究生
	久木 章江	活水女子短期大学	常勤講師
協力	岡田 恒男	東京大学生産技術研究所	教授
	隈澤 文俊	東京大学生産技術研究所	助手