

水平振動の知覚に関する既往文献レビュー

野田 千津子

Review of the past study on perception of horizontal vibration

Chizuko Noda

§ 1 はじめに

超高層建築物に風などの応答として生じる水平振動の使用性・居住性評価の規範として、知覚を中心とする水平振動感覚を多くの研究者が検討してきた。

筆者はこれまでも、文献^{1,2)}などにおいて、これらの既往の蓄積を統括して比較検討し、今後の課題となる点などを纏めた。本研究は、この考察をさらに進め、既往研究で検討されてきた評価要因と水平振動の知覚との関係に着目し、既往の蓄積を付加しこれまでに行った実験の総合的な評価を試みるものである。最終的には、実験方法などの周辺的な条件も含めて、これらの要因による水平振動感覚のばらつきを把握し、設計における資料とすることが目的である。本論文ではその試みとして、基礎的な振動条件である1方向入力の正弦振動に着目し、水平振動の知覚閾あるいは知覚限界の把握を目的とした研究を対象を絞り、既往の結果の比較検討を試みている。既往研究の実験方法や結果の概要を纏め、データを例示しながら、水平振動の知覚と評価要因との関係を述べる。さらに既往の実験結果相互の関係から、より周辺的な実験環境が水平振動の知覚に及ぼす影響を検討し、個別の実験内で検討されてきた評価要因による違いとの比較を試みた。

§ 2 水平振動の知覚に関する既往研究の概要

表1に考察の対象とした文献³⁻¹⁹⁾の概要を示す。日本建築学会の大会・各支部の研究報告を中心に、実験研究を対象としている。これらの文献は引用文献に一覧を示し、表中ではその番号と対応させて示した。

ここでは、これまでに評価の基盤とされてきた知覚に関係のある文献に着目し、1方向入力の正弦振動を対象に含めた実験に絞っている。ランダム波との対応や2次元正弦振動などを対象とした結果の比較検討については、今後の課題としたい。

実験では居住環境により近い状態を再現するために振動台上に居室を設置し、知覚閾を把握するために視覚的に外部とあえて遮断して視覚の影響を排除している研究が多い。その他には振動を発生させる機械の音

などの影響を考慮して音響装置などの使用を記述した文献もあり、聴覚の影響も意識されている。

振動の入力方法や暴露時間、アンケート方法などについてはさまざまな条件が混在し、性別や方向などの違いによる結果にも文献により共通点や相違点があることがわかる。ここでは、これらの評価要因と知覚との関係に着目し、各評価要因による違いや文献による結果の共通・相違点の要因について、具体的なデータを示している文献を例に結果を比較検討してみる。

§ 3 知覚閾と評価要因との関係

知覚閾の把握を目的とした文献^{3-5,7-10,18)}の結果を上述の指標に基づいて比較検討し、知覚閾と各評価要因との関係を研究者ごとに図1に示した。水平振動の知覚は個々の人間によって異なるものであり、このような感覚にはばらつきが生じる。そのためここでは、既往の結果を比較するための指標として代表値となる平均値とばらつきの程度を示す標準偏差に着目した。平均値に関してはその大きさおよび振動の物理成分との関係を示す傾きを指標とした。図1では、それぞれの評価要因による各指標の違いの程度を記号で表現している。傾き、平均値、ばらつきの各欄に記載がない場合は、それらに対応すると考えられる結果の提示がない場合である。平均値や標準偏差は示されていないが、それらに対応すると考えられる数値を示している場合は試みにそのデータを採用した。

以降では、これらのデータが示されている文献を対象に結果を比較検討してみる。結果を例示した図は振動数と加速度最大値で表現しており、各文献で異なる物理成分で表示されている場合には、その図から結果を読み取り振動数と加速度最大値に換算して表現した。

ここでは、知覚閾の違いの程度を判断する上で上述の個人差を目安として考えている。その具体的な大きさとして、図2に示す神田ら、藤本らの文献にみられるほぼ同じ実験方法で被験者が異なる場合の知覚閾の違いを基準とした。被験者の違いによってこの程度の差が生ずることを念頭におき、各評価要因による知覚

表1 既往研究における水平1方向入力正弦振動の知覚に関する実験条件および結果の概要

研究者	文献番号 発表年	被験者 人数 (性別・年代)	被験者 姿勢	加振範囲		振動条件			評価対象		結果概要	その他
				振動数 周期	加速度 変位	入力方法	入力 方向	暴露時間	アンケート方法	検討項目 (「は」-提示無し)		
藤本ら	3 1978	男:10 成人	立位	1Hz以下	10~ 0.1cm	振幅一定で30秒ごとに振動数を段階的に上げる・下げる。	前左 後右	30秒	上昇系で感じ始める点、下降系で感じなくなる点を測定。	方系 向列	下降系の知覚閾が上昇系よりやや高い。方向による差は顕著でないが前後の方が左右よりやや低い。	居室を設置。
	4 1979	男:18 女:22 成人(20~30歳)	立位	1Hz以下	10~ 0.1cm	振幅一定で振動数を段階的に上げる・下げる。	前左 後右		上昇系で感じ始める点、下降系で感じなくなる点を測定。	方系性 向列別	上昇系の方が知覚閾が低い。女性の方が低い。前後方向の方が低い。	居室を設置。 視覚は遮断。
	5 1979	男:18 女:22 20~40歳20~30歳	立位	1Hz以下	10~ 0.1cm	振幅一定で振動数を段階的に上げる・下げる。	前左 後右	1振幅 30秒	上昇系で感じ始める点、下降系で感じなくなる点を測定。	方系性 向列別 対数 実数	前後方向、上昇系、女性の方が振動を感じやすい。	居室を設置。 視覚は遮断。
	6 1979		立位	0.1~ 0.7Hz?	0.5~ 10cm?	定常振動(各振幅10段階)で、同一振動数を2回提示。順序はランダム。 (記述なしのため図参照)	前左 後右	各30秒	5段階に順序づけたがゴリに属するか申告。「少し感じる」「はっきり感じる」「強く感じる」。	方 向	左右方向の方が感度が鈍くなる。	居室を設置。 視覚は遮断。
神田ら	7 1988	~29 男:24 女:20 30代 31 9 40~ 25 10	腰 か	0.333~0.3~ 2.0Hz	0.3~ 8gal	加速度振幅を最大値の1/10ずつごとに階段状に増加・減少。	前左 後右		振動を感じているときにスイッチon。感じていないときにスイッチoff。	方系性 向列別 代	左右、downの平均値がわずかに低いが、一律ではない。男性で高齢の方が低下の傾向が認められる。	居室を設置。 視覚は遮断。 イヤホン/ヘッドセット
	8 1989	男:80 女:42 19~71歳	腰 か	0.333~0.3~ 2.0Hz	0.3~ 8gal	一定周波数で振幅を徐々に増加、低下させる。周波数順はランダム。	前左 後右	1周波数 5分	振動を感じたときにスイッチon。感じていないときにスイッチoff。	姿方系性 向列別 代	腰掛け位の知覚閾はdown。左右、女性の方がやや低い。年齢の差は不明確。臥位の方が知覚しにくい。	居室を設置。 視覚は外部と遮断。
	9 1989	~29 男:25 女:21 30代 31 9 40~ 26 10	腰 か	0.333~0.3~ 2.0Hz	0.3~ 8gal	加速度振幅を最大値の1/10ずつごとに階段状に増加、最大で減少。	前左 後右	1周波数 5分	振幅増加時に振動を感じ始めた時にスイッチon。振幅減少時に感じなくなった時にスイッチoff。	姿方系 向列	腰掛け位の知覚閾はdown。左右、女性の方がやや低い。年齢の差は不明確。臥位の方が知覚しにくい。	居室を設置。 視覚は外部と遮断。
	10 1990	男:17 女:12 学生	腰 か	0.33~0.3~ 2Hz	0.3~ 5gal	周波数を固定し、11段階きざみで加速度振幅を増加・減少。	前左 後右	1周波数 2分40秒	振動を感じたときにスイッチon。感じていないときにスイッチoff。	姿方 勢向	腰掛け位と立位の知覚閾は逆の傾きを示す。立位では低振動数の方が敏感。方向の差は顕著でない。	居室を設置。 視覚は外部と遮断。
	11 1991	男:36 女:11 20~40代	腰 か	0.125~ 0.315Hz		振動数一定で包絡線が指数関数状に漸増する波形。	前左 後右	240秒	5段階の知覚程度に対応する揺れを感じたらスイッチを押す。「やっと感じ始める」(知覚閾)	方 向	高周波数ほど感じやすい。左右方向の方がやや感じやすい。	居室を設置。 視覚は外部と遮断。
後藤ら	12 1968	男:170 女:100 18~22歳	腰 か	9~1.5 ~9秒で	0.25~ 17.5mm	1振幅で1サイクルの周期変化:静止-周期減少-静止-周期増加(各9段階)	前左 後右	各30秒 静止時間 30秒	振動中の感じ方を5段階の感応度に当てはめてマイクで申告。「まったく感じない」	方系性 向列別	女性の方が感応度が鋭い。前後方向の方が感じやすい。振動数減少時の方が敏感。	居室を設置。 視覚は外部と遮断。
	13 1972		腰座立 か位	1~10秒	5~ 50cm	1振幅で周期を階段状(10段階)に減少。	前左 後右	1周期を 30, 60秒	3段階の感応度で分類。「感じない」「感じる」の境を弁別閾。	方 向 性 別	女性、平行向きの方が小さい振動から感じ始める。	居室を設置。 視覚は遮断。
	14 1973	男:8~9歳 5 20歳前後 5 40~59歳 5	立 位	1~10秒	5~ 50cm	1振幅で周期を階段状(10段階)に減少。	前 後	1周期を 30, 60秒	感応度を3段階の感応度で分類。「感じない」「感じる」の境を弁別閾として評価。	年 個 代 人 差	子供が特に振動を感じやすく、青年、高齢者の順となる。振動に対する感応度には個人差がある。	居室を設置。 視覚は外部と遮断。
	15 1975		腰座立 か位	1~10秒	5~ 50cm		前左 後右		3段階の感応度で分類。「感じない」「感じる」の境を弁別閾。	姿方 勢向 性 年 別 代	女性、前後の方が敏感。少年、青年、壮年・立位、腰掛け、座位の順に敏感	居室を設置。 視覚は遮断。
	16 1975	男:8~12, 18~22, 45~55歳各5 女:5	腰座立 か位	1~10秒	0.5~ 50cm	1振幅で周期を階段状(10段階)に減少。	前左 後右	1周期を 30秒	3段階のうちから、感応度が変わる度に申告。(弁別閾)	姿方 勢向 性 年 別 代	女性、前後の方が敏感。少年、青年、壮年・立位、腰掛け、座位の順に敏感	居室を設置。 視覚は遮断。
三輪ら	17 1971	10 20~40歳	座立 か位	0.5~ 300Hz	上昇・下降で振動レベル変化:20Hz振動-休止-他周波数可変レベル振動	前左 後右	3(10Hz以上), 6秒 休止3秒	on-off, off-onの系列をランダム順に与え、始め、2番目のどちらを感じたかを申告。	姿方 勢向	体の弛緩緊張	予備実験では弛緩・緊張時、前後・左右方向に顕著な差がなかった。5Hz以上で立位・臥位の差は不明白。	居室を設置。 視覚は外部と遮断。 台上にクッションなし。5Hz以上で立位保護棒
中田ら	18 1994	98	腰 か	1~6Hz 5種類	0.1~ 11gal程度	周波数一定で包絡線が指数関数状に漸増する波形。	前左 後右		振動を感じ始めた時にスイッチon。	方 向	1~3Hzでは左右、4~6Hzでは前後の方が平均知覚閾が低い。	居室を設置。 視覚は遮断。 遮音に配慮。
塩谷ら	19 1990	男:34 女:7 20~60代	腰 か	0.125~ 0.315Hz	ISO平均知覚閾の3倍程度	周波数一定で包絡線が指数関数状に漸増する波形。	前左 後右	波数30波	ようやく感じた時点(知覚限界)、はっきり感じた時点(明確な知覚レベル)にスイッチを押す。	方 向	左右・前後方向では、傾きはほぼ等しく、左右の方が10%程度レベルが大きい。	居室を設置。 吸音材使用。 イヤホン、音響有。

文献番号は引用文献番号に従う。表中の表現は原則として論文中の記述に従うが、写真等から被験者の姿勢がわかるものは変更した場合もある。また、振動の方向は、前後(身長)・左右(直交)に統一した(〇内は臥位の場合)

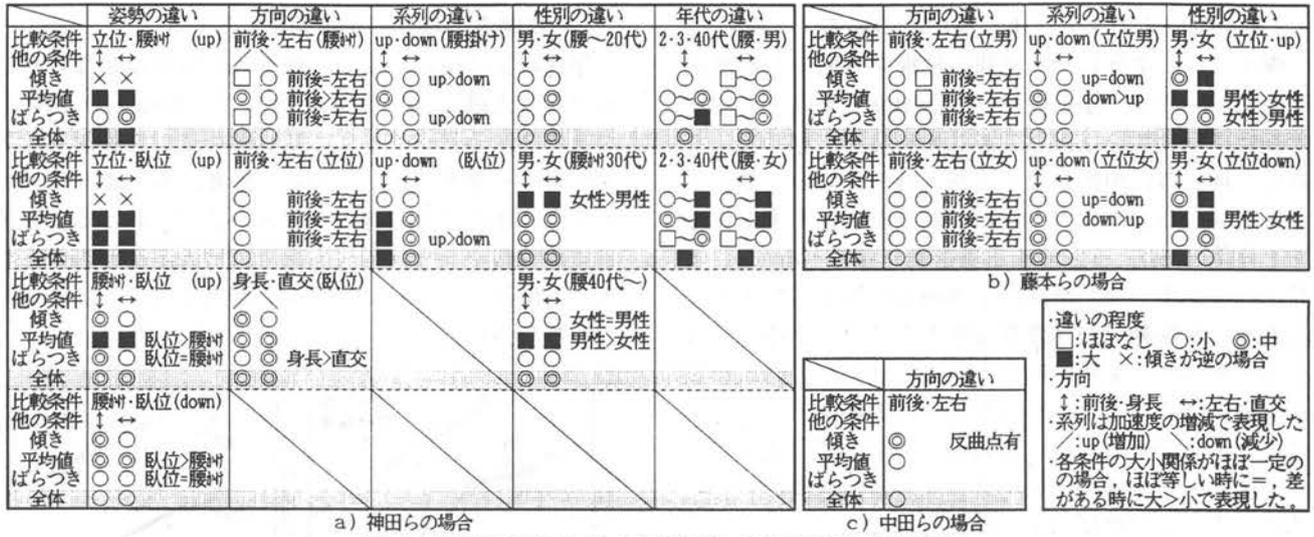


図1 既往研究における知覚閾と評価要因との関係

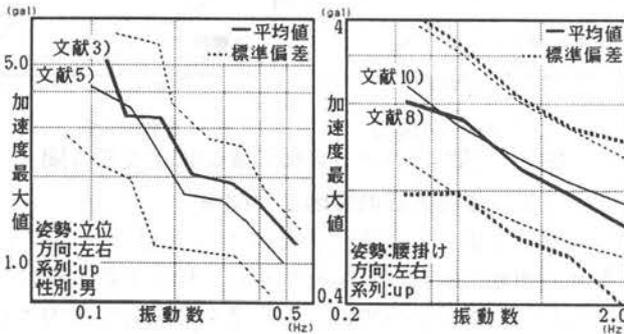


図2 既往研究における被験者の違いによる知覚閾

閾の違いを検討した。以下に評価要因ごとにその結果を述べる。

3.1 被験者の姿勢による違いについて

神田らは文献⁸⁻¹⁰⁾で被験者の姿勢による知覚閾の違いを検討している。臥位は全体でも実験例が少なく、それらの実験の被験者人数も少ない。また腰掛け位や立位の前後・左右方向という入力方向と一概に比較することが

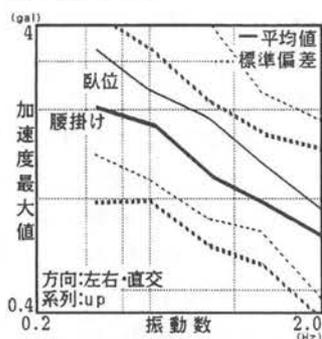


図3 文献⁹⁾における腰掛け位と臥位の知覚閾

難しい面をもつ。図3にみるように腰掛け位と臥位では平均値の傾きの違いは小さいが、その大きさは腰掛け位の方が小さい。ばらつきはほぼ同程度である。一方図4にみるように、立位とこれらの結果を比較すると平均値の傾きが逆になる。これらの違いの要因には、振動数特性などの知覚閾と振動の物理成分との関

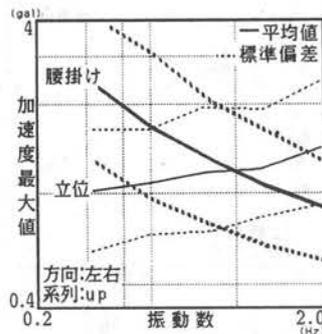


図4 文献¹⁰⁾における腰掛け位と立位の知覚閾

係が姿勢によって異なることなどが考えられる。

3.2 振動の入力方向による違いについて

表1にみるように、多くの研究者が振動の入力方向による違いについて検討している。これらの入力方向による知覚閾の違いは姿勢により若干異なるが、多くの既往研究

では図5にみるようにその違いは小さい傾向にある。特に立位と腰掛け位では傾きはほぼ等しく、平均値の大きさもほぼ等しいか、差がある場合も小さいことが多い。ただし、前後・左右方向の大小関係は文献により異なる。ばらつき的大小もほぼ等しい。臥位では立位や腰掛け位と比較して体と振動台の位置関係が著しく異なることなどもあり、振動の入力方向による違いが若干大きい。

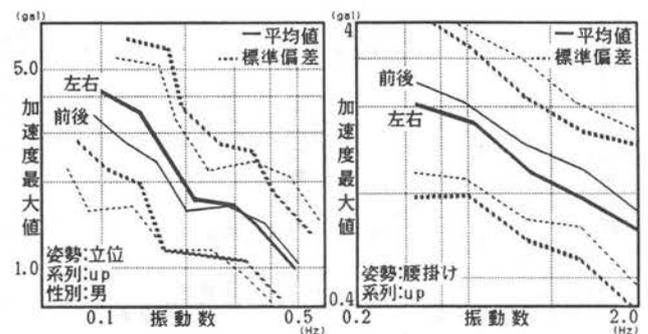
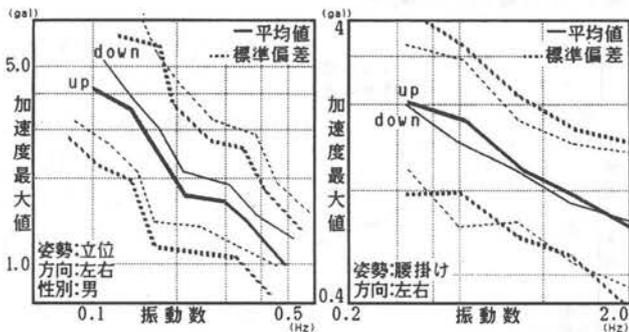


図5 既往研究における入力方向の違いによる知覚閾

3.3 振動の入力系列による違いについて

表1にみるように、知覚閾の把握を目的とした既往研究の多くでは、振動数や変位振幅などを固定し加速度振幅や振動数を増減して感じ始める点・感じなくなる点を被験者に申告させる実験を行っている。このような実験では、変化させる物理成分を大きくする場合を上昇系 (up)、小さくする場合を下降系 (down) と呼ぶことが多いが、増減する物理成分によって実際に入力される振動で加速度振幅が大きくなるか小さくなるかが異なる。図6にみるようにこれらの入力系列による違いはさほど大きくはないが、姿勢などによっては入力方向による違いと比較して違いが若干大きい場合がある。全体的には平均値の傾きは同程度であるが、文献によって平均値の大小関係は異なる。

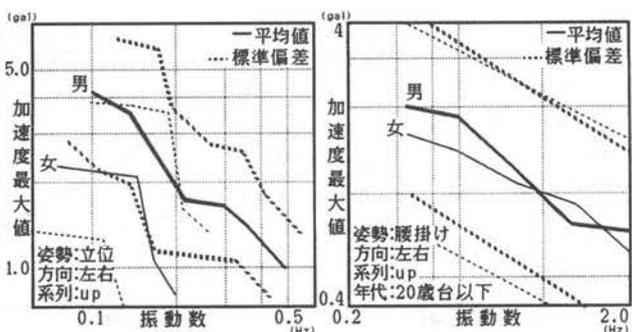


a) 文献⁵⁾の場合 b) 文献⁸⁾の場合

図6 既往研究における入力系列の違いによる知覚閾

3.4 被験者の性別による違いについて

これらの振動の条件に加え被験者特性の違い、すなわち人間側の要因についても多くの既往研究で検討されており、性別に着目した研究は特に多い。年代別にデータが提示され年代によって性別による違いが異なる場合もあるが、図7にみるように平均値の大きさの違いも大きくその傾きが異なる場合が多い。全体的には女性の方が知覚閾が低く、ばらつきが若干大きめの傾向が多いが、これも振動の範囲によって異なる。

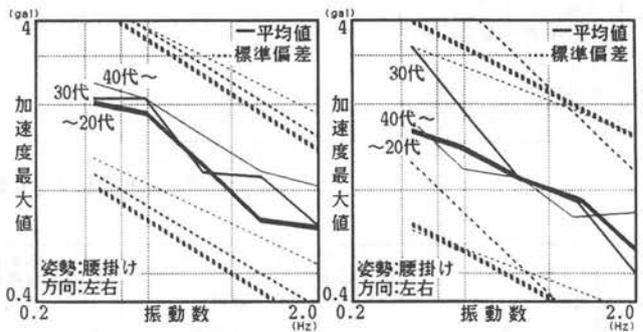


a) 文献⁵⁾の場合 b) 文献⁷⁾の場合

図7 既往研究における性別の違いによる知覚閾

3.5 被験者の年代による違いについて

年代による違いについて検討した研究は少ないが、神田らは文献⁷⁾において20歳台以下・30歳台・40歳台以上の3区分で年代による知覚閾の違いを検討し、男女別にデータを提示している。図8にみるように、男女ともに年代による違いが大きいことがわかる。女性は被験者数が少ない年代もあり、個人差などのばらつきとも関係して年代による違いが大きくなっているものと推察される。



a) 男性の場合 b) 女性の場合
図8 文献⁷⁾における年代の違いによる知覚閾

§4 知覚限界と評価要因との関係

前章で対象とした既往研究以外に、文献^{6,11-16,19)}では振動の知覚に着目し、振動を感じる程度を数段階に分け入力した振動が当てはまる段階を被験者に申告させる実験も行われている。図9はこのような知覚限界と各評価要因との関係を図1と同じように纏めたものである。これらの実験では、アンケートで用いた表現が「少し感じる」「ようやく感じる」「やっと感じ始める」などと異なり、これらの感じる程度を段階的に申告させている。そのため心理的な要素が判断に影響する程度が大きい可能性があると考え、知覚閾とは区別して考察した。このようなアンケート方法の場合にはこれらの表現の違いも結果に影響を及ぼすものと推察できる。以下に評価要因ごとに結果を述べる。

4.1 被験者の姿勢による違いについて

後藤は文献⁶⁾において、姿勢による違いを検討している。評価対象は「感じない」と「感じる」境の弁別閾である。図10にみるように座位と腰掛け位は傾き、平均値ともに違いがきわめて小さい。これらと比較して立位では平均値がかなり小さい結果となっている。傾きの違いはさほど大きくない。

4.2 振動の入力方向による違いについて

知覚閾を検討した文献と同様に入力方向による違いを検討した既往研究は多い。図11に示した結果のなかで、神田ら¹¹⁾は加速度を漸増し「やっと感じ始める」レ

各実験における評価対象						方向の違い		方向の違い	
後藤ら: 感応度3段階のうち「感じない」と「感じる」の間の弁別閾 藤本ら: 「少し感じた」カテゴリー 神田ら: 知覚閾に相当する「やっと感じ始める」レベル 藤本ら: 「少し感じた」カテゴリー 塩谷ら: 「ようやく感じた」時点の知覚限界						比較条件 傾き 平均値 ばらつき 全体		比較条件 傾き 平均値 ばらつき 全体	
a) 後藤らの場合						b) 藤本らの場合		c) 神田らの場合	
姿勢の違い	方向の違い	系列の違い	性別の違い	年代の違い	比較条件	傾き	平均値	比較条件	傾き
立位・腰掛(前後)	前後・左右(立位)	up-down(腰掛↓)	男・女(立位青年)	少・青年(立位↓)	傾き	○	□	傾き	□
立位	前後	男	男	少	平均値	○	□	平均値	□
腰掛	左右	女	女	青年	ばらつき	○	□	ばらつき	□
腰掛	前後	男	男性	青年	全体	○	□	全体	○
腰掛	左右	女	女性	少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年					
腰掛	左右	女		少年					
腰掛	前後	男		青年					
腰掛	左右	女		青年					
腰掛	前後	男		少年				</	

け位の傾きが逆になる場合もあり、姿勢による違いはさまざまである。特に臥位については実験例や被験者数が少なく、今後の課題といえよう。

さらに入力方向や系列など、振動側の条件があげられる。なかでも入力方向は振動の物理的な条件であり、それによる違いは小さい。一方藤本らが文献⁴⁾などで指摘するように、入力系列の違いは心理学でいわれるような期待の誤差²⁰⁾を生ずる可能性もある。そのため心理・感覚的要素とも関係し、ばらつきなども異なる場合がある。しかしこれらの振動側の条件は傾き、すなわち振動の物理成分との関係を変えるほどの影響力をもたない。

一方受け手である人間側の条件として性別や年代があげられ、考察で判断の目安とした個人差もこの範囲に入るものである。神田らの文献⁷⁾にみられるように、これらの年代や性別は互いに影響しあい複雑な傾向の違いを生む。上述した既往の結果でも傾きや平均値、ばらつきなどの大小関係はさまざまである。人間の心理あるいは生理学的な受容器自体の違いを生む可能性もあり、個人の特性を形成する内的な一要因として影響力をもつ。知覚閾を対象としたものではないが、加藤ら²¹⁾の文献では姿勢、入力方向、性別の3つを要因として分散分析を行った結果、性別にのみ有意差があるという結果も示されている。このように振動の物理的な入力条件と比較して、感覚のばらつきに影響を与えるであろう人間の心的要素に関する要因の方が水平振動の知覚に及ぼす影響が大きいものと推察できる。

§ 6 実験条件の違いによる影響

ここでは既往研究の結果を相互に比較し、実験方法などの周辺的な要因と知覚との関係を検討する。

例えば、図14に示した神田ら^{8,11)}の結果にも違いがある。これらの文献では同じように知覚閾・知覚限界の把握を目的としており、振動数一定で加速度振幅を増加するほぼ同じ振動の入力方法を用いているが、回答方法や対象とした振動の範囲、被験者の違いなどによ

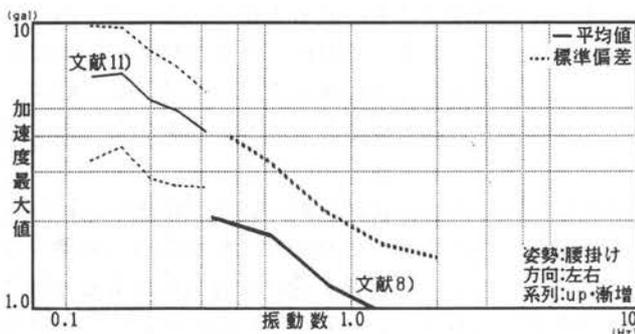


図14 文献^{8),11)}における知覚限界の違い

てこのような違いが生じているものと推察できる。

また図15は藤本ら^{5,6)}の結果であり、振動の入力方法やアンケート方法などが異なる。実験では「まったく感じない」の1段階上に位置する「少し感じる」という表現が、感じ始める点を判断する知覚より感覚として若干大きい程度を表わすことなども、このような違いの要因と考えられる。感覚・心理的反応に対しては、このようなアンケートの表現などの影響も考慮する必要がある。

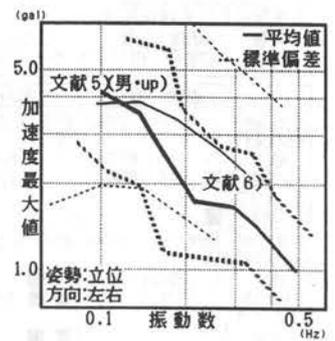
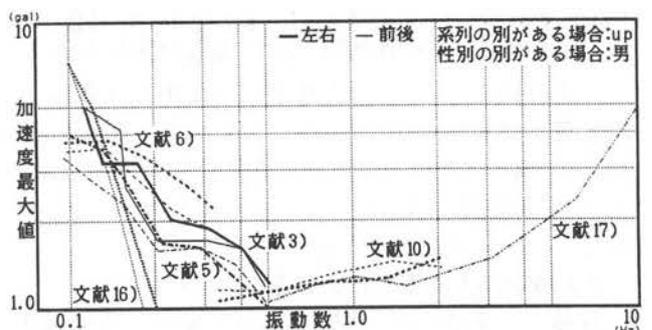
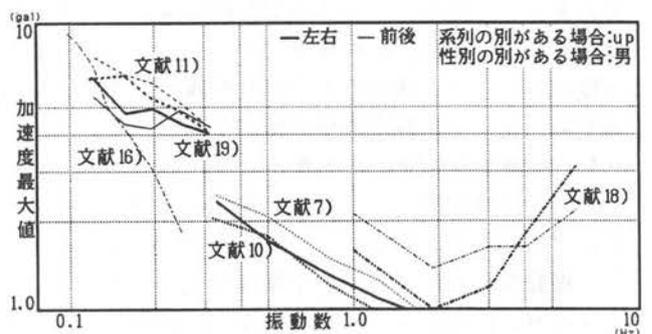


図15 文献^{5),6)}における知覚限界の違い

図16は本論文で対象とした既往研究の平均値、あるいはそれに対応する値を示したものである。臥位の場合は実験数が少ないため、腰掛け位と立位の場合を示した。ほぼ同じ振動数範囲でも文献によって傾きや平均値の大きさが異なる。



a) 立位の場合



b) 腰掛け位の場合

図16 既往研究における知覚限界

これらの違いは実験における振動の入力方法やそれともなうアンケート方法の違い、振動台の特性にともなう入力振動の物理成分の違いなど、総合的な実験環境・条件によって生ずるものと推察できる。研究者

個別の結果でも、同じ実験方法で被験者が異なる場合にはある程度の差、すなわち個人差が生ずる。考察の上で判断の基準としたこの個人差や本論文で考察した評価要因が生む違いと比較した場合にも、図16にみるような既往研究・実験による違い、すなわち総合的な実験環境・条件による違いが大きいことがわかる。これらの実験環境・条件による違いは実環境では居住者や対象建物、その環境の違いなどに相当するものと考えられる。すなわち個別の実験のなかではさまざまな条件を統制した結果、知覚のばらつきや違いなども小さい場合が多いが、実際の設計上では総合的な環境条件の違いによってこの程度のばらつきが生じることを考慮する必要があると考える。

§7 おわりに

水平振動の知覚を検討した既往研究の結果を統括してみると、同じ振動条件である1方向入力の正弦振動を対象とした知覚と評価要因との関係についても、文献によってさまざまな共通点、相違点があることがわかる。ここでは文献で提示されたデータを比較検討し、水平振動の知覚閾と各評価要因との関係についてその違いの大きさなどを知ることができた。そのなかでも入力方向による知覚閾の違いは小さい傾向にあり、姿勢の違いによっては傾きが逆になる場合もある。全体的には、物理的な振動の入力条件と比較すると人間の内的・心的要素に影響が強いであろう性別などの方が知覚の違いが大きい傾向にある。

また結果の相互比較から、既往研究で検討されてきたこれらの評価要因以上に、実験方法などの周辺的・総合的環境条件が水平振動の知覚に及ぼす影響が大きいことがわかった。実際の居住環境へ適応する上では、環境条件に相当するこれらの総合的要因による知覚のばらつきを考慮する必要がある。

今後はこれらの評価要因や実験方法の違いが生むばらつきを数量化することで定量的な評価を模索し、限界状態設定への資料としたい。

本研究に際して終始適切なお指導を戴いた、日本女子大学住居学科 石川孝重教授に感謝の意を表す。

【引用文献】

- 1) 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年9月.
- 2) 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2 被験者の姿勢ごとにみた知覚閾の比較検討と自研究との対比—, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈構造I〉, pp.955~956, 1993年9月.
- 3) 藤本盛久, 大熊武司, 天野輝久, 高野雅夫: 長周期水平振動を受ける居住者の振動感覚に関する研究-実験装置および立位の場合の基礎実験-, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈構造系〉, pp.851~852, 昭和53年9月.
- 4) 藤本盛久, 大熊武司, 天野輝久, 高野雅夫: 長周期水平振動を受ける居住者の振動感覚に関する研究—その2. 知覚閾—, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈構造系〉, pp.677~678, 昭和54年9月.
- 5) 高野雅夫: 強風により長周期水平振動を受ける高層建築物の居住者の振動感覚に関する基礎的研究, 修士論文, 1979年2月.
- 6) 藤本盛久, 大熊武司, 天野輝久, 高野雅夫: 長周期水平振動を受ける居住者の振動感覚に関する研究—その3. 振動感覚の強さ—, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈構造系〉, pp.679~680, 昭和54年9月.
- 7) 超高層住宅振動限度委員会: No.8622超高層住宅の長周期振動に対する振動感覚の調査研究(その1), 住宅総合研究財団, 昭和63年12月.
- 8) 超高層住宅振動限度委員会: No.8722超高層住宅の長周期振動に対する振動感覚の調査研究(2)梗概, 住宅総合研究財団研究年報No.15, 1988年.
- 9) 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年10月.
- 10) 西村修一, 神田順, 田村幸雄, 藤井邦雄, 大築民夫: 長周期水平振動の知覚閾に関する基礎的研究(その3)-立位を対象とした実験結果-, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈環境工学〉, pp.323~324, 1990年10月.
- 11) 佐藤民夫, 塩谷清人, 神田順, 大築民夫, 田村幸雄, 藤井邦雄: 2次元水平振動の知覚閾に関する検討-(その1) 2次元水平振動の判別-, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈環境工学〉, pp.311~312, 1991年9月.
- 12) 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実験的研究(第一報), 日本建築学会大会学術講演梗概集〈計画系〉, pp.

- 341～342, 昭和43年10月.
- 13) 小島信男, 後藤剛史, 山田水城: 長周期・大振幅振動の人間におよぼす影響 その1 - 感応性および身体の揺れについて, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈計画系〉, pp.495～496, 昭和47年10月.
 - 14) 後藤剛史, 小島信男, 山田水城: 長周期・大振幅振動の人間におよぼす影響 その4. 感応度に関する追加実験について, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈計画系〉, pp.627～628, 昭和48年10月.
 - 15) 後藤剛史: 居住性に観点を置いた高層建築物に生じる振動の評価に関する研究(その1) 振動に対する人間の各種反応, 日本建築学会論文報告集, 第237号, pp.109～118, 昭和50年11月.
 - 16) 後藤剛史: 居住性に観点を置いた高層建築物の振動評価に関する研究, 学位論文, 1975年.
 - 17) 三輪俊輔, 米川善晴: 正弦振動の評価法(振動の評価法1), 日本音響学会誌, 27巻1号, pp.11～20, 1971年.
 - 18) 中田信治, 田村幸雄, 大築民夫, 内藤俊一, 桐山伸一: 中低層建物における短周期水平振動の知覚閾に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈環境工学〉, pp.1899～1900, 1994年9月.
 - 19) 塩谷清人, 大築民夫, 藤井邦雄: 長周期振動に対する人体感覚の評価に関する研究 - 正弦波水平振動に対する検討 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈環境工学〉, pp.321～322, 1990年10月.
 - 20) 田中良久: 心理学的測定法第2版, 東京大学出版会, 初版, 1985年5月10日.
 - 21) 三瓶健, 渡辺浩一郎, 加藤渉: 低周波振動が居住環境に及ぼす影響(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集〈計画系〉, pp.747～745, 昭和53年9月.

(受理年月日 1997年9月12日)