論文

視覚による振動知覚に関する研究 —視覚因子の目視時間等の計測および統計分析—

Visual motion perception. Measurement and statistical analysis of temporal length of setting eyes on visual cues etc.

川名清三*1

田村幸雄*1

松井正宏*2

Seizou KAWANA, Yukio TAMURA, Masahiro MATSUI

SUMMARY

Setting eyes of people isn't always necessarily on visual cues, in actual buildings. It is necessary to examine the influence of visual cues on motion perception etc., in consideration of temporal length of setting eyes on visual cues. For this purpose, parameters that are directly necessary to estimate a probability of visual motion perception, like length of setting eyes on visual cues, distance between subjects and visual cues etc., are measured in existing buildings. And statistical analysis of the data is done. It was found that length of setting eyes on visual cues is about 7.0s in average, regardless of subjects' age, sex and buildings. Distance between subjects and visual cues is about 2.4m in average.

Kew words: Habitability, Visual Motion Perception, Probability of Motion Perception, Temporal Length of Setting Eyes, Distance, Observation times

1 はじめに

近年、建築物の振動に対する振動知覚およびそれに起因した不快適性・作業性障害等の苦情や相談が寄せられるようになってきている。住宅紛争処理支援センターに寄せられた建築環境関連の苦情等において、振動に関する物は2000年から2003年までに約11.4%(1483件中169件)に上った報告もある¹⁾。こうした問題は建築物の風振動に対しても例外ではなく、振動知覚レベルを基盤とした居住性評価法が刊行されている^{2)~4)}。また、建築物の振動に対する居住者の諸反応の把握等

を目的とした様々な研究などが行われている^{5)~8)}など。

建築物の振動の知覚は、振動が建物と接触している人体各部位(足部・臀部など)を介して人体に伝播し知覚する場合(以後：体感による振動知覚)のみとは限らず、建築物の振動により室内外にある振動して見えやすい景色や物品等(以後：視覚因子)が振動して見えるようになり、それらの振動を目視して知覚する場合(以後、視覚による振動知覚)もある^{9)~11)}。

医学的見解では、受動的な人体振動が発生すると平衡感覚に狂いが生じて不快感(酔い)が発生するという

*1 東京工芸大学工学部建築学科 特別研究員

Research Assistant, M.Eng, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

*2 東京工芸大学工学部建築学科 教授

Professor, Dr.Eng, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

*3 東京工芸大学工学部建築学科 准教授

Associate Professor, Dr.Eng, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

(原稿受理年月日：2006年10月31日，採用決定：2007年2月26日)

実験的結論を得ている¹²⁾¹³⁾。受動的な人体振動は五感から伝わる振動感覚の間にバランスが取れない状況で発生し、以下の状況がもっとも大きく影響してくると考えられている。

- 1) 体感による振動感覚に対し、視覚による感覚的な振動刺激が少ない(無い)場合。
- 2) 視覚による振動感覚に対し、体感による感覚的な振動刺激が少ない(無い)場合。

建築分野での体感による振動知覚は、個人差によるばらつき等を考慮して統計的な分析が多数行われている^{14)~17)}などが、振動知覚等への視覚の影響に関する統計的な分析を行った研究はきわめて数が少ない¹⁸⁾¹⁹⁾。そして、この研究では以下の様な問題点に対する配慮が不十分と考えられ、実現象を正確に捉えているとは言いがたい。

- 1) 実験対象とした振動して見える可能性のある視覚因子が、実建築環境に存在しえる視覚因子の状況とは異なり、リアリティーに欠けている。
- 2) 被験者が視覚因子を常に目視している状況での実験結果であり、実際には視覚因子を常には目視していない事を考慮していない。
- 3) 実建築空間内で行われた振動感覚アンケート^{9)~11)}では、室内に存在した視覚因子によって振動知覚をしたという回答が、動いて見える窓外景色を見て振動知覚する場合よりも多くなる傾向があるのに対し、既往研究では窓外景色のみしか考慮していない。

こうした背景から、室内の視覚因子となりうる物品等の目視時間を考慮し、より実環境に近い状況での視覚による振動知覚を統計的に知る必要があると考えられる。本研究では、視覚による振動知覚を統計的に推定するのに直接必要となるデータを実在する建築物内での通常生活下において計測し、その統計量を把握するための分析を行った。

2 視覚による振動知覚および研究全体の流れ

視覚による振動知覚の流れと本研究対象の位置づけを図1に示す。

認知心理学の研究結果^{21)~25)}より、視覚因子を目視する各事象の、視覚による振動知覚に必要な視覚因子の最小振幅(以後、振動知覚閾)は、各目視事象の視覚因子が視野に入り始めてから終わりまでの時間(以後、目視時間)および、目視時の人から視覚因子までの距離が重要なパラメータとなる事が分かっている。また、視覚による振動知覚確率を推定する過程で、視覚因子の各目視事象の視覚的な振動知覚閾と視覚因子の振動

図1 視覚による振動知覚の流れと研究対象の位置づけ

特性を知る必要がある。それと同時に、この知覚確率は各視覚因子の目視時間、および目視回数によって値が変化する。

ここで、視覚的な振動知覚閾および視覚による振動知覚確率を推定するために、まず以下に示す3種類のデータを実在する建築物内での通常生活下において計測し、その統計量を把握する必要がある。

- 1) 視覚因子となりうる物品の目視時間
- 2) 目視時の被験者から視覚因子までの距離
- 3) 視覚因子の目視回数

認知心理学の分野では、視野の中央部(中心視野)と端部(周辺視野)の目視の違い、および基準になってしまふ物の有無の違いによって、視覚的な振動知覚閾が大きく異なってくる事が実験的に分かっている^{22)~25)}。また、既往研究では²⁶⁾²⁷⁾注視している場合と注視していない場合では、視覚的な振動知覚閾に明確な違いが見られる結果は得られていない。そして、これらの要因以外によって、視覚的な振動知覚閾が異なってくる学術的裏付けは、得る事は出来なかった。

本研究では、区分けを行わない場合、中心視野と周

辺視野による目視別に区分けした場合、および基準になってしまう物の有無別に区分けした場合で、上記3種類のデータの統計量を把握する分析を行った。

3 計測方法

居室内の物品の配置状況や作業内容等の環境の違いによって計測対象としたデータが大きく異なり、視覚により振動知覚する確率も大きく異なってくる事が予想される。そこで、通常人の滞在時間がもっとも長いと考えられ、上記の環境が類似した住宅およびデスクワークが中心に行われているオフィス別に、以下の方法で計測を行った。

1) 実在する建築物における居住者(以後：被験者)の両眼の間に小型カメラを装着し、通常生活時の目視対象を映像で記録する。記録時間は、被験者の滞在時間の制約等から一人 80 分間とした。

2) 計測を行っている間、実験者は被験者と同じ居室に滞在し、被験者が滞在している居室の平面図に居室内の視覚因子となりうる物品の位置と設置状況を記述する。そして、計測中の被験者の居場所、姿勢および作業内容を時系列的に記録していく。

3) 計測した映像、被験者が計測中に滞在した部屋の平面図等を元に、視覚因子が視野に入り始めてから視野から見えなくなるまでの目視時間、目視時の被験者と視覚因子間の距離および視覚因子の目視回数を計測する。ここで、映像に視覚因子が映っている時間を目視時間として計測している。

図2に計測時に被験者に取り付けた小型カメラの状況を示す。被験者の顔につけたメガネに小型カメラが付いており、そのカメラは肩から下げているカバンに収めた小型カメラの電源用乾電池と映像を保存するビデオカメラにケーブルで接続されている。ビデオカメラで映像を記録している間、被験者には通常通りの作業を行うように指示を出した。

また、眼球移動を自由にすると実際の目視場所と映像の記録場所が大きく異なってしまう事がある。そうした状況を避けるため、計測中の眼球移動を避けるように指示を出した。そして、カメラの向いている方向と目線方向を合わせた状態を保持するよう意識しながら、見ようとしている所へ直接顔を向けるように指示をだした。それでもなお、多少の眼球移動が起きてしまっている事は否定できない。しかし、その眼球移動に沿って小型カメラも動くように装置の改良を加えようとする、以下のような問題が生じたため、そうした改良は行わなかった。

図2 小型カメラの被験者への装着状況

表1. 性別、年齢別の被験者数

	住宅		オフィス	
	男	女	男	女
10代	0	1	0	0
20代	4	0	7	3
30代	2	2	9	1
40代	0	0	0	0
50代	1	3	0	0
60代	4	3	0	0
合計	11	9	16	4
	20		20	

表2. 計測時に被験者が滞在した居室の広さ

各住宅の平均延べ面積(m ²)	38.4
住宅の各部屋の平均面積(m ²)	10.8
オフィスの各部屋の平均面積(m ²)	39.7

図3. 小型カメラ計測を行ったオフィスの一例

1) 顔に取り付ける装置が大きくなり過ぎてしまい、目視対象に対して大きな障害物になりうる。

2) 顔に取り付ける装置が重くなりすぎるために、通常生活下の作業に支障をきたす可能性が高くなる。

人間の視角は視線を中心に水平方向±40～50°、上

下方向に±20～30°である²⁰⁾。それに対し小型カメラを用いて計測を行って得た映像の角度は、実測した結果、画像中心に対し水平方向約±30°上下方向に約±22°である。実際の視野範囲よりもやや狭い範囲が記録され多少眼球移動が伴っているが、確実に目視されていると考えられる範囲は記録可能な状況であった。

3.1 計測を行った建物および被験者の概要

計測を行った被験者数および居室の概要を表1、表2に示す。計測を行った建物および被験者の数は、住宅では戸建て住宅および集合住宅11ヶ所に対し20名(12～69歳の男女)、オフィス建物3ヶ所に対し20名(22～39歳の男女)である。なお、1カ所の建物あたり1人の被験者が滞在した居室数は、住宅では3～7室、オフィスでは1～3室である。計測を行ったオフィスおよび計測中の被験者の状況を図3に示す。

3.2 対象とした視覚因子

対象とした視覚因子は、今回の計測対象建物内に存在した物品の中から、実建築物での振動感覚アンケート調査^{6)～8)}で実際に揺れて見えたという回答のあった物と同じような設置状況にある同じ物品、もしくはそれらに類似する物品として以下のような物を選んだ。

住宅

1)窓上端等から吊ったカーテン 2)天井から吊ったペンダントライト 3)窓上端から吊ったブラインド 4)壁のフック等に吊っているハンガー吊り服 5)壁掛けカレンダー 6)壁のフックに吊ったタオル(手拭き用、皿拭き用、バスタオル) 7)壁に吊った額縁 8)壁に吊ったボード

オフィス

1)窓枠上端から吊ったブラインド 2)壁掛けカレンダー 3)天井からの照明電源用の紐 4)画鋲等で止めている書類 5)フックに吊ったボード、お守り 6)窓枠上端から吊ったカーテン 7)フックに吊った手拭きタオル 8)フックに吊ったノート

4 計測結果

4.1 計測中の被験者の姿勢

計測時間(被験者一人 80 分間)に占める計測中の被験者のとっていた姿勢の時間の比率を表3に示す。計測中の姿勢は座位であった時間が最も長く、立位が次いで長い結果となっている。

4.2 計測中の被験者の作業内容

計測中の被験者の主な作業内容を表4に示す。作業内容は、住宅では家族もしくは招待した友人等との会話(被験者20人中18人)、食事・軽い飲食(同17人)、

表3. 小型カメラ計測時間に占める

各姿勢をとっていた時間の割合

	臥位	床に座位	椅子に座位	立位	歩行状態
住宅	1%	33%	42%	19%	5%
オフィス	0%	1%	90%	8%	1%

表4. 被験者20人中の小型カメラを用いた計測中の各作業を行った被験者数

作業内容(住宅)		
他者との会話	飲食	テレビ鑑賞
18人	17人	10人
食事作り・皿洗い	子供の世話	荷物・郵便物等の整理
8人	6人	5人
趣味・遊び(読書・尺八・ゲーム)	掃除	洗濯物干し
4人	2人	2人
電話応対	外出の準備	その他
2人	2人	4人
作業内容(オフィス)		
研究データ整理等のパソコン作業	本・書類等を読む	他者との仕事に関する会話
20人	15人	15人
本棚に並んだ本・書類等の整理	簡単な休息	
5人	4人

図4 住宅のある被験者の目視対象物の時刻歴の例

テレビ鑑賞(同10人)が最も多い。会話とテレビ鑑賞に関しては、飲食を兼ねた状態である事が最も多く、全被験者中17人いた。その他に該当する作業は、1人の被験者のみ行っていた作業で1)喫煙 2)アイロンがけ 3)観葉植物の世話 4)歯磨き、であった。オフィスの場合には、パソコン作業(メールチェック、大型図書館等のWeb上資料検索システムの利用、データ整理、書類等の執筆など)(同20人)、本棚に並んだ本・書類等を読む(同15人)、もしくは仕事に関する他者との会話(同15人)であり、本棚に並んでいる本や書類などの整理(同5人)や一時の休息(同4人)という行為もわずかに存在した(表4)。

4.3 視覚因子の目視時間

住宅のある被験者の目視対象物の時刻歴記録の一例を図4に示す。目視した視覚因子の中でカーテンを目視する事が最も多いことが分かる。他の被験者においては、住宅では窓際に吊ってあるカーテンを目視する

事が最も多く、オフィスの場合にはブラインドを目視する事がもっとも多かった。カーテンとブラインドは他の視覚因子と比較して相対的に大きく、目につき易い位置に設置されている事が多いためと考えられる。

視覚因子の種類、被験者の年齢、性別等の区別をせずに視覚因子の目視時間の頻度分布(住宅の場合)を、対数正規分布と比較した結果を図5に示す。以後、全てにおいて目視している視覚因子の種類の区別をつけていない結果を示す。視覚因子の目視時間の頻度分布は対数正規分布の対応が明らかによい事がわかる。オフィスの場合、目視している視覚因子の種類や被験者の年齢、性別で分けた場合も同様の比較を行ったが、全てにおいて対数正規分布の対応が良い傾向であった。住宅では平均 7.1 秒、変動係数 3.5、オフィスでは平均 6.8 秒、変動係数 2.0 であり、住宅とオフィスではほぼ同じ目視時間を示す結果となっている。

オフィスと住宅別に被験者の性別、年齢別に分けた頻度分布、平均値および変動係数の比較を図6に示す。居住場所の違い被験者の性別、年齢別によって明確な違いは見うけられない結果であった。

4.4 目視時の被験者と視覚因子間の距離

視覚因子の目視時間と同様に、目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離の頻度分布と正規分布、対数正規分布およびレイリー分布との対応を、カイ二乗検定を用いて行った²⁸⁾。その結果を表5に示す。ここで、被験者の年齢、性別等の区別はつけていない。

カイ二乗検定では、計測結果に関する観測度数 $n_1, n_2, \dots, n_k$ と仮定した分布から得られる理論度数 $e_1, e_2, \dots, e_k$ を用いて、(1)式によりカイ二乗分布の累積確率 $(1-\alpha)$ に対する変数値 $c_{1-\alpha, f}$ と比較する事によって適合度を検定される。また、検定結果の値が小さいほど適合度がよい事を表す。

$$\sum_{i=1}^k \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i} < c_{1-\alpha, f} \quad (1)$$

図7 被験者の年齢別、性別ごとの、被験者と視覚因子間の距離の頻度分布、平均値、変動係数の比較

表5の結果から、どの分布も対応がよい事が分かるが、住宅ではレイリー分布、オフィスでは対数正規分布

図5 視覚因子の目視時間の頻度分布と対数正規分布との対応（住宅 視覚因子の種類等の区別なし）

図6 被験者の年齢別、性別ごとの、視覚因子の目視時間の頻度分布、平均値、変動係数の比較

表5 距離の頻度分布の各確率分布モデルとの適合度検定結果

	有意水準5%	正規分布	対数正規分布	レイリー分布
住宅	9.26	0.07	0.08	0.04
オフィス	10.5	0.41	0.19	0.57

布がもっとも対応のよい結果である。この3種類の確率分布モデル以外に、グンベル分布など幾つかの確率分布の適合度検定を行ったが、上記3種類の分布よりもよい適合度の結果は得られなかった。被験者の性別、年齢別に分けて検討した場合も同様の結果となった。

目視時の被験者と視覚因子間の距離の頻度分布、平均値および変動係数を被験者の性別、年齢別に比較した結果を図7に示す。被験者の性別および年齢の区別をつけない場合、住宅では平均2.3m、変動係数0.50、オフィスでは平均2.5m、変動係数0.76であった。居住空間が同じ場合、被験者の性別、年齢別の頻度分布、平均値および変動係数に明確な違いが見うけられない。

被験者の性別、年齢別に共通してオフィスの場合の変動係数が住宅よりも大きい。これは、計測中に被験者が滞在したオフィスの居室が住宅の居室より広く、住宅の場合よりも遠くにある視覚因子をまれに見ていた事が影響していると思われる。

計測中にオフィスで仕事を行っている際には、近くにある視覚因子を目視する事が多かった。そのため、オフィスの1m程度の頻度が、他の頻度と比較して大きな値を示している。オフィスの変動係数が住宅よりも大きい、住宅とオフィスで平均値がほぼ同じ値を示しているのは、オフィスの1m程度の頻度が相対的に大きい事が影響していると思われる。

4.5 視覚因子の目視回数

小型カメラを用いた計測時間中(被験者1人80分間)における、被験者1人あたりの視覚因子の目視回数の整理を行った結果(住宅の場合)を図8に示す。図5と同様に、正規分布と対数正規分布の確率密度分布から、累積確率分布を計算したものと比較している。目視した視覚因子の種類、被験者の年齢および性別の区別はつけていない。明らかに対数正規分布との対応がよい事が分かる。オフィスの場合、被験者の年齢別、性別で分けた場合も、対数正規分布の対応が良い結果となった。

住宅とオフィス別、被験者の性別、年齢別の目視回数の平均値および変動係数を表6に示し、被験者の年齢別に分けた視覚因子の目視回数の累積頻度分布(実測値)を図9に示す。被験者の性別、年齢別に分けた場合の平均値、変動係数および累積頻度分布は、被験者数不足から十分に安定した値が推定できているとはいえない。しかし、表6より被験者の性別、年齢別全てに共通して、オフィスの目視回数の平均値が住宅の平均値に比べて少ない傾向にある。計測を行ったオフ

図8 視覚因子の目視回数の累積頻度と、正規分布および対数正規分布の比較(住宅 視覚因子の種類等の区別なし)

表6 被験者の性別、年齢別による計測時間(一人80分)中の視覚因子の目視回数の比較

住宅					
	全部	女	男	10～30代	40～60代
平均	180	161	197	250	133
変動係数	0.73	0.83	0.67	0.57	0.68
オフィス					
	全部	女	男	20代	30代
平均	130	142	127	126	97
変動係数	0.94	0.69	1.0	0.62	1.0

図9 被験者の年齢別、視覚因子の目視回数の累積頻度分布(実測値)の比較

イスでは、住宅に比べて視覚因子となりえる物品が少ない所が多かった事に加え、計測中に被験者は行っている作業のみ目視していた事が多く、視覚因子の目視回数が少なくなったと考えられる。

住宅の場合では、10～30代の被験者は炊事や洗濯、子供の世話などを行うために、計測を行った居室内を忙しく移動していた事が多かった。そのため、移動の過程で視覚因子を目視している事が多い。それに対し、40～60代の被験者は10～30代の被験者に比べて活動がゆっくりし、テレビ鑑賞や読書など一つの事に長時間興じている傾向が強く、視覚因子の目視回数が少ない傾向にある。そのため住宅の場合、10～30代の被験

者と 40～60 代の被験者の間で、視覚因子の目視回数に明確な差が生じる傾向になった。

4.6 中心視野と周辺視野での目視

周辺視野(視野範囲の端部)で振動を目視する場合、中心視野(視野範囲の中央部)で目視する時よりも大きな振幅でなければ、視覚により振動に気づかない現象が生じる。既往研究^{22)～24)}では振動の目視時間および目視時の振動から人までの距離が同じ条件の場合、視線方向に対し角度 20～30° の周辺視野範囲の振動知覚閾は、角度 0° 付近の中心視野範囲の振動知覚閾に比べて 2.6 倍程度大きい結果を得ている。

この既往研究の角度 0° および 20～30° は、今回計測を行った映像中央部および映像端部に視覚因子が映った場合に相当すると考えられる。記録映像の中心点を基準に水平および上下方向に角度が 0～20° の範囲内にわずかな時間でも視覚因子が映った場合と、水平および上下方向に角度 20° 以上の範囲にのみ視覚因子が映った場合に分けて、視覚因子の目視時間、視覚因子目視時の被験者と視覚因子間の距離および視覚因子の目視回数の整理を行った。

中心視野と周辺視野での目視別に分けた場合、前述と同様に目視時間および視覚因子の目視回数は対数正規分布との対応がもっともよく、視覚因子目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離はオフィスの場合是对数正規分布、住宅の場合はレイリー分布がもっとも対応がよい結果であった。

中心視野と周辺視野での目視別の目視時間の頻度分布を図 10 に示し、視覚因子目視時の被験者と視覚因子間の距離の頻度分布を図 11 に示す。視覚因子の目視回数の累積頻度分布を図 12 に示す。目視した視覚因子の種類、被験者の年齢、性別は区別していない。

図 10 より、視覚因子の目視時間の頻度分布は住宅とオフィス別および中心視野による目視と周辺視野による目視別に、明確な違いが見られない傾向にある。

図 11 より、視覚因子目視時の被験者と視覚因子間の距離の頻度分布は、前述 4.4 節と同様、住宅とオフィスの間でやや異なった傾向が見られる。オフィスの中心視野による目視の平均値が、やや大きい傾向にあるが、中心視野と周辺視野での目視の間には明確な違いが見うけられない結果であった。

図 12 より、全ての場合において目視回数の変動係数がほぼ同じ値を示し、平均値が異なる傾向にある。そして、中心視野での目視と周辺視野での目視に共通して、住宅よりもオフィスでの目視回数が少ない結果

図 10 中心視と周辺視別、目視時間の頻度分布、平均値、変動係数の比較(視覚因子の種類等の区別なし)

図 11 中心視と周辺視別、被験者と視覚因子間の距離の頻度分布および平均値、変動係数の比較

図 12 中心視と周辺視別、視覚因子の目視回数の累積頻度分布および平均値、変動係数の比較

となった。

小型カメラを用いた記録映像の時間(被験者一人 80 分)に占める中心視野と周辺視野での累積目視時間の割合は、平均値で住宅の場合約 13% : 13%になる。それに対し、オフィスでは 13% : 5%であった。計測時間に対するオフィスの周辺視野での累積目視時間の占める割合は、住宅のそれと比較して小さい結果となった。

4.7 基準線になる物の有無

既往研究²⁵⁾では、振動の目視時間と目視時の振動と人の間の距離が同じ条件の場合、目視している振動から 0～2cm 程度離れた場所に基準となる線が見える状況では、そうした線が見えない場合と比較して振動知覚閾が極端に小さくなる(約 1/6)結果を得ている。実建

築空間内では、居室の振動発生時に振動しているように見えにくい窓枠や壁の色の变化、本棚などが視覚因子の近傍に見える場合、そうでない場合に比較して小さい振幅で視覚で振動に気づく可能性がある。図 13 に基準線になりえる物がある場合の一例を示す。図 13 のように、目視した視覚因子に対し 0~2cm 程度と近接した場所に窓枠等の基準線になりえる物が見える場合と、そうでない場合に分けてデータ整理を行った。

基準線になる物がある場合とない場合別に分けた場合、前述と同様に目視時間および視覚因子の目視回数は対数正規分布の対応がもっともよく、視覚因子目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離はオフィスの場合は対数正規分布、住宅の場合はレイリー分布がもっとも対応がよい結果であった。

基準線になる物がある場合とない場合の目視別に目視時間の頻度分布を図 14 に示し、視覚因子目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離の頻度分布を図 15 に示す。視覚因子の目視回数の累積頻度分布を図 16 に示す。目視した視覚因子の種類、被験者の年齢、性別の区別はしていない。

図 14 より、視覚因子の目視時間の頻度分布は、住宅とオフィス別および基準線になる物がある場合とない場合の目視別に、明確な違いがない傾向が見られる。

図 15 より、視覚因子目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離の頻度分布は、前述 4.4 と同様、住宅とオフィスの間にやや異なる傾向が見られる。しかし、基準線になる物がある場合の目視とない場合の目視では、頻度分布に明確な違いは見られず、平均値もほぼ同じ値を示す結果であった。

図 16 より、基準線になる物がない場合の視覚因子の目視回数は、住宅とオフィスでほぼ同じ値を示している。しかし、基準線になる物がある場合の視覚因子の目視回数は、住宅と比較してオフィスの場合に明らかに少ない傾向にある。

小型カメラを用いた記録映像の時間(被験者一人 80 分)に占める基準線になる物がある場合とない場合の累積目視時間の割合は、オフィスの場合約 12% : 6% であるのに対し、住宅では約 22% : 4% である。オフィスと住宅に共通して、基準線になる物がある場合の累積目視時間の割合がより大きくなっている。これは、視覚因子となりうる物品近傍には基準線となりうる扉や窓の枠、備え付けの収納の角部、壁の装飾等が多かったためである。この傾向は、視覚因子の中で目視される事が最も多かったブラインドおよびカーテンの場

図 13 基準線になりえる物がある場合の一例

図 14 基準線になる物ありとなし別、目視時間の頻度分布および平均値、変動係数の比較

図 15 基準線になる物ありとなし別、目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離の頻度分布および平均値、変動係数の比較

図 16 基準線になる物ありとなし別、視覚因子の目視回数の累積頻度分布および平均値、変動係数の比較

合に特に顕著であった。

また、オフィスの基準線になる物がある場合の累積目視時間の割合が、住宅のそれと比較して小さい結果となっている。これは、オフィスの場合には備え付けの収納等が少なく装飾のない無地の壁が多かったのに対し、住宅の場合にはそうした装飾等が多かった事が影響している。

5 まとめ

視覚による振動知覚等を統計的に検討するにあたって直接必要になるデータを、小型カメラを用いて計測を行った。そのデータの統計量を知るために、統計的整理および分析を行った結果以下のような事が明らかになった。

1) 小型カメラ計測中の被験者の姿勢は、座位である事が最も多い結果であった。被験者の作業内容は、住宅の場合他者との会話、飲食、テレビ鑑賞などが最も多く、オフィスではパソコン作業、書類読み等のデスクワーク、他者との会話が主であった。

2) 住宅の場合、視覚因子目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離はレイリー分布がもっとも対応のよい結果であった。しかし、それ以外の視覚因子が視野に入ってから視野の外に出るまでの目視時間、オフィスの場合の視覚因子目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離、および計測時間中の視覚因子の目視回数、全てにおいて対数正規分布の対応がもっともよい結果であった。

3) 視覚因子が視野に入ってから視野の外に出るまでの目視時間は、住宅とオフィスの違いや被験者の性別、年齢の違いによらず、平均値で約 7.0s でほぼ同じ値を示す結果であった。

4) 視覚因子目視時の被験者と目視した視覚因子間の距離の変動係数は、計測を行った居室広さの違いが影響し、住宅よりもオフィスの場合に大きい結果となった。しかし、オフィスの場合近くに存在する視覚因子を目視している事が多く、1m 程度の頻度が相対的に大きい傾向を示した。そのため、平均値は住宅とオフィスでほぼ同じ約 2.4m となった。また、被験者の年齢や性別によって明確な違いはなかった。

5) 視覚因子の目視回数は、被験者の年齢別、性別の全てに共通して、住宅よりもオフィスで少なくなる結果であった。住宅における高齢層の被験者の目視回数は、若年層と比較して少なくなる傾向が見られた。それ以外の被験者の性別、年齢による違いは明確には見られない結果であった。

6) 中心視野による目視と周辺視野による目視別では、視覚因子の目視時間および被験者と目視した視覚因子間の距離に明確な違いは見られなかった。中心視野および周辺視野の目視回数は、共通して住宅よりもオフィスで少ない。そして、計測時間に占めるオフィスの周辺視野での累積目視時間の割合が、住宅と比較して小さい傾向になった。

7) 視覚因子の近傍に基準線になる物がある場合の目視とない場合の目視別では、視覚因子の目視時間および被験者と目視した視覚因子間の距離に明確な違いは見られなかった。基準線になる物がない場合の目視回数は、住宅とオフィス共にほぼ同じ値である。しかし、基準線になる物がある場合の目視回数は、オフィスの場合が住宅の場合よりも少ない結果であった。また、計測時間に占めるオフィスの基準線になる物がない場合の累積目視時間の割合が、住宅と比較して大きい結果であった。

謝辞

本研究を進めるにあたり 40 名の被験者に、長時間の小型カメラ計測に御協力頂いた。ここに感謝の意を表します。この研究は平成 15 年度科学研究補助金によっています。

参考文献

- 1) 井上勝夫：環境振動に関するトラブルと性能評価について，2004 年度日本建築学会(北海道)環境工学部門パネルディスカッション資料「環境振動の性能評価に向けて」，pp. 3-8，2004 年 8 月
- 2) 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性評価指針・解説，2004 年
- 3) ISO 2631-2: 1989: Evaluation of human exposure to whole body vibration Part2- Evaluation of human exposure to vibration in buildings, 1989. 2.
- 4) ISO 6897: 1984: Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low frequency horizontal motion (0.063 to 1 Hz), 1984. 8.
- 5) 神田順、田村幸雄、佐野行雄、藤井邦雄、雀恒、田村哲郎、大築民夫：超高層住宅の長周期振動に対する振動間隔の調査研究(2)，総合研究財団研究年報，No. 15，pp. 329-338，1988 年

- 6) 吉田正邦：高層建物の台風中での振動と居住者の感覚、第 11 回風工学シンポジウム論文集，1990 年 12 月，pp. 335-340
- 7) 藤本守久、大熊武司、天野輝久、赤木久真、平松和嗣、飯利昌人：7920 号台風時の建物風圧力および建物振動についての実測結果（その 2）建物振動および振動の居住者への影響，第 6 回風工学シンポジウム論文集，pp. 201-208，1980 年 11 月
- 8) 中村修：風による水平振動（特集 環境振動を考える）―（環境振動の現状と評価），建築技術，2004 年 11 月，pp. 106-108
- 9) 石川隆重、植草友枝、一力ゆう、野田千津子：高層住宅の居住性を踏まえた揺れ感覚に関する研究―その 1 アンケートの概要とその結果―，日本建築学会学術講演梗概集（環境工学），pp.95-96，1993 年 9 月
- 10) 中村敏治、神田順、塩谷清人、長屋雅文：免震建物における地震時振動知覚の統計的調査，日本建築学会構造系論文集、第 472 号，pp.185-192，1995 年 6 月
- 11) 川名清三、久田嘉章：風振動時の高層建築物の居住性能に関する研究，2002 年度工学院大学修士論文梗概集，pp.193-196，2003 年 3 月
- 12) 高橋正紘：動揺症の病態と平衡のかかわり，「日本医事新報」別冊，第 3711 号，pp.13-19，平成 7 年 10 月発行
- 13) 高橋正紘：動揺症-ヒトはなぜ空間の奴隷になるのか-，築地書館，1997 年
- 14) 塩谷清人、藤井邦夫、田村幸雄、神田順：2 次元水平正弦振動の知覚閾に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 461 号，pp.29-36，1994 年 7 月
- 15) 塩谷清人、藤井邦夫、田村幸雄、神田順：2 次元ランダム振動の知覚閾に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 485 号，pp.35-42，1996 年 7 月
- 16) 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関する検討，日本建築学会計画系論文集，第 506 号，pp.9-16，1998 年 4 月
- 17) 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，pp.9-14，1999 年 10 月
- 18) 新藤智、後藤剛史：長周期ねじれ振動が人体の視覚知覚に及ぼす影響，日本建築学会計画系論文集，第 553 号，P23-28，2002 年 3 月
- 19) 石川孝重、野田千津子：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，p15-20，1999 年 11 月
- 20) 大山正、今井省吾、和気典二：新編 感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，1994 年 1 月
- 21) Leibowitz H.W. “The relation between the rate threshold for the perception of movement and luminance for various durations of exposure.” *Journal of Experimental Psychology*, vol.49, No.3, pp.209-214, 1955
- 22) Johnson, C.A. and Leibowitz, H.W., “Velocity-time reciprocity in the perception of motion: Foveal and peripheral determinations.” *Vision Research*, 16, pp.177-180, 1955
- 23) Finlay, D. “Motion perception in the peripheral visual field.” *Perception*, 11, pp.457-462, 1955
- 24) Johnson, C.A. and Scobey, R.P. “Foveal and peripheral displacement thresholds as a function of stimulus luminance, line length and duration of movement.” *Vision Research*, 29, pp.709-715, 1955
- 25) Post, R.B. and Leibowitz, H.W. “The effect of refractive error on central and peripheral motion sensitivity at various exposure durations.” *Perception and Psychophysics*, 29, pp.91-94, 1981
- 26) Duncker, K. “Über induzierte Bewegung.” *Psychologische Forschung*, 12, pp.180-259, 1929
- 27) Mack, A., Fisher, C. B. and Fendrich, R. “A re-examination of two-point induced movement.” *Perception and Psychophysics*, 17, pp.273-276, 1975
- 28) 伊藤学、亀田弘行訳：土木・建築のための確率・統計の基礎，丸善株式会社，1977 年