

# 超高層建築物の窓外景観を前提とした視覚による振動知覚に関する研究

原 健二

法政大学大学院工学研究科建設工学専攻

後藤 剛史

法政大学工学部建築学科

強風は、超高層建築物に並進振動、ねじれ振動という2種類の長周期水平振動を発生させる。これらの振動の内、並進振動に対して居住性の評価という観点から人体反応や評価に関する研究が多く行われ、基準や指針が制定されている。しかし、この基準や指針は、体感知覚による評価のみを対象としている。

本研究では、超高層建築物の窓外景観からの視覚情報によって振動を知覚したとき、その振動の評価に対する景観の影響、並進振動、ねじれ振動、合成振動（合成振動は、並進振動とねじれ振動が同時に発生する振動）についての評価の違いを調べたものである。

## 1. はじめに

今日、超高層建築物の居住性に関する研究は盛んに行われている。1991年には日本建築学会において「建築物の振動に関する居住性能評価指針」が制定され、今日に至る。また、先に述べた「建築物の振動に関する居住性能評価指針」では並進成分の振動のみを対象としたもので、ねじれ成分については触れていない。通常、建築物の風揺れはX、Y方向の並進成分と、Z軸まわりの回転であるねじれ成分の振動が合成されたものである。高層建築物の多くはセンターコアプランを採用しており、外周部の抵抗要素が少ない構造形態になっており、ねじれ成分の振動が無視できないと考えられる。このような背景から、ねじれ振動を考慮した居住性能評価が必要不可欠であることは明白である。

## 2. 実験概要

建物内における振動の知覚を研究するには、振動、映像、居住空間という3つの要素を関連付けた実験装置が必要となる。そこで、並進振動、ねじれ振動、合成振動のような振動を容易に作成でき、また、景観設定が容易なシステムが本学部に設置されたのを機会に、有効に利用することを計画した。そこで、本研究では、その振動知覚の中でも視覚知覚について研究を行った。

## 3. 実験システム（図1参照）

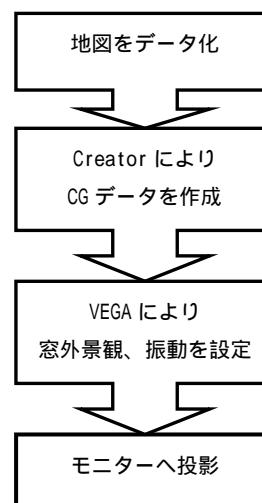


図1 システム概略図

## 4. 実験方法

被験者に実験映像（40秒）を曝露し、実験映像の揺れの大きさを実験アンケートの回答を行ってもらう。合計38本の映像について回答を行ってもらう。実験順序は、ランダムに設定した。

## 5. 実験環境と実験映像

実験を行う場所は、周囲が遮光カーテンで囲われ、モニターが設置されている。実験中は、映像をできるだけ鮮明な状態で被験者に見てもらうために、室内の照明は消して実験を行った。また、実験映像である近景、遠景を下記に示す。(図2参照)

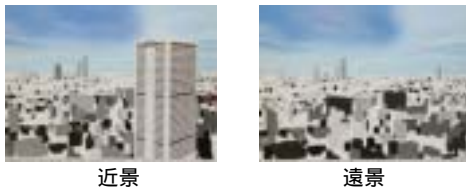


図2 実験映像

## 6. 実験条件

新宿 N ビルの実測データに基づくものである。新宿 N ビルについての予測式を用いて、並進振動とねじれ振動の関係を再現し、一定の風速条件下で生じる並進振動、ねじれ振動、合成振動の揺れが、それぞれどの風速の時に知覚されるかについて実験を行った。さらに、建物群を遠景、近景の2条件で実験を行った。

## 7. 結果および考察

- ねじれ振動、周期 3.03(s)の50%知覚閾と景観比較

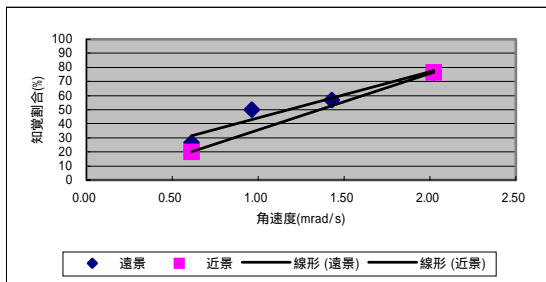


図3 . ねじれ振動、周期 3.03(s)の知覚割合と近似曲線

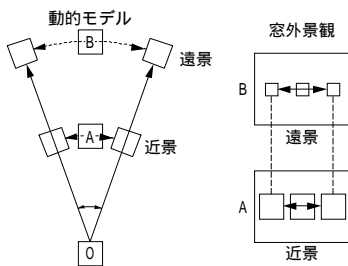


図4 ねじれ振動の景観比較

建物 A、B は、建物自体の大きさは同じである。そのため、建物 0 からみる建物 A、B の大きさ、つまり窓外景観上は近景の方が遠景に比べ大きく見える。そのため、ねじれ振動時はどの時においても、近景と遠景は一直線になる。そして、近景と遠景の窓外景観上は近景の方が大きく見えることから、遠景の方が移動距離が大きく見えるため、遠景の方が大きく揺れているように感じられる。しかし、実際は建物が単体で存在することはなく、窓全面に建物があるので、全体として知覚するため同じように知覚すると考えられる。

- 並進振動、周期 4.76(s)の50%知覚閾と景観比較

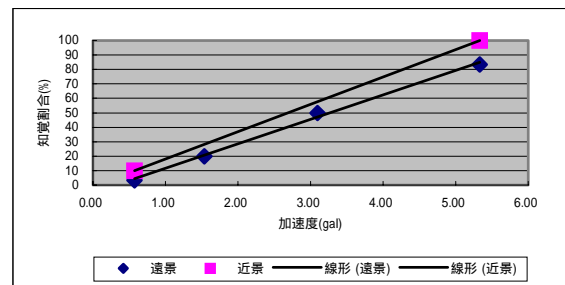


図5 並進振動、周期 4.76(s)の知覚割合と近似曲線

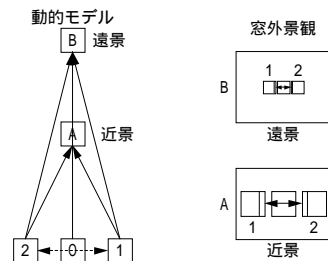


図6 並進振動の景観比較

建物 A、B は、建物自体の大きさは同じである。そのため、建物 0 からみる建物 A、B の大きさ、つまり窓外景観上は近景の方が遠景に比べ大きく見える。また、移動距離も同様に近いものの方が大きく遠いものの方が小さくなる。よって、近景の方が揺れているように感じられる。さらに、並進振動の場合は揺れを感じられる要因には、移動距離だけでなく見え方も関係してくる。0点において、近景、遠景の対象物が正面を向いてると仮定すると、近景の側面が多く見える時、遠景の側面は少ししか見えない。この点においても近景の方が近くしやすいということが考えられる。

- 実測データ(Nビル)の50%知覚閾におけるねじれ振動

と並進振動の比較

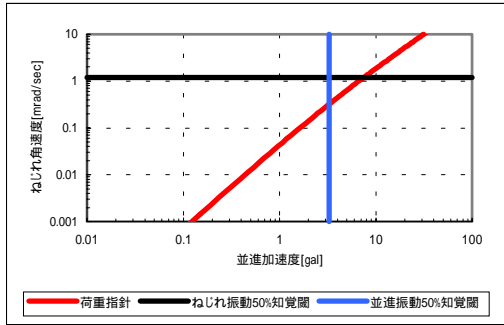


図7 50%知覚閾におけるねじれ振動と並進振動(遠景)

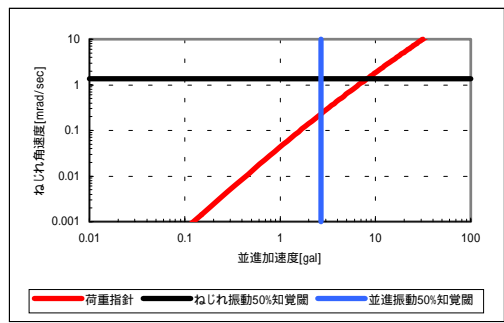


図8 50%知覚閾におけるねじれ振動と並進振動(近景)

以上より、Nビルにおいては遠景、近景に関わらず並進振動の指針を重視すべきである。ここで、このことについて幾何学的に考察すると、以下ようになる。

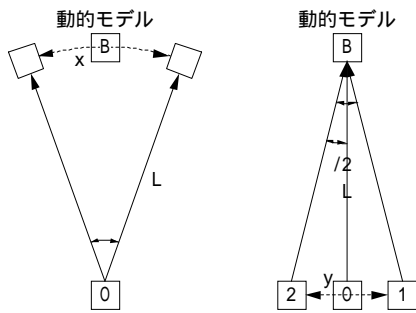


図9 ねじれ振動と並進振動の幾何学的比較

$\ll 1$ 、 $\ll 1$ である。  
 ねじれ振動  $x/L = \sin \theta$   
 $\ll 1$ より、 $\sin \theta \approx \tan \theta$   
 ゆえに、 $x/L = \tan(\theta/2)$   $x = L \cdot \tan(\theta/2)$   $L = x / \tan(\theta/2)$   
 並進振動  $(y/2)/L = \tan(\theta/2)$   
 $\ll 1$ より、 $\tan(\theta/2) \approx \theta/2$   
 よって、 $\sin(\theta/2) \approx \tan(\theta/2) \approx \theta/2$

ゆえに、 $(y/2)/L = \theta/2$   
 $y/L = \theta$   $y = L \cdot \theta$   $L = y / \theta$   
 ゆえに、 $L = x / \tan(\theta/2)$ 、 $L = y / \theta$  より、  
 $x / \tan(\theta/2) = y / \theta$   $x : y = \tan(\theta/2) : \theta$

以上より、ねじれ振動と並進振動は、ともに、 $\theta$  という「角度」というパラメーターによって、比較することができる。また、ねじれ振動と並進振動を合成した合成振動は、 $x + y = L \cdot \theta + L \cdot \theta = L(2\theta)$ と表す事ができる。

8. 結論

- 条件別 50%知覚閾(表1参照)

表1 条件別 50%知覚閾

	周期	50%知覚閾 (遠景)	50%知覚閾 (近景)
ねじれ振動 (実測)	3.03(s)	1.18 (mrad/s)	1.36 (mrad/s)
並進振動 (実測)	4.76(s)	3.27(gal)	2.69(gal)

- ねじれ振動について  
 景観比較は、同一角速度では知覚割合は等しいが、または少しではあるが遠景の方が知覚しやすいと考えられる。
- ねじれ振動、角速度 1.5、3.0(mrad/s)のカナダ、アメリカの指針について  
 指針としては非常に知覚割合が高く、指針の値を再検討すべきであると考えられる。
- 並進振動について  
 景観比較は、同一加速度では近景の方が遠景よりも知覚しやすいと考えられる。
- 実測データの 50%知覚閾におけるねじれ振動と並進振動の比較について  
 景観に関わらず、並進振動の指針を重視すべきである。しかし、ねじれ振動についても、無視することはできないと考えられる。
- 男女比較(知覚の違い)  
 女性の方が男性より知覚しやすい。

以上より、基準や指針を設定する際には、並進振動、ねじれ振動を個々に設定するべきであると考えられる。また、それぞれを設定する際において、異なる景観(遠景、近景)によって設定するべきであると考えられる。

また、本実験では、合成振動の基本的な実験しか行われなかったが、今後、研究するに値する事が明確になったので、今後も合成振動についての研究を行っていき、合成振動の解析を行っていくべきであると考えられる。

#### 9. おわりに

本研究は、超高層建築物の窓外景観を前提とした視覚知覚についての実験を行った。並進振動、ねじれ振動についての研究の重要性は、もちろんのこと、合成振動の重要性も確認できるものであった。今後は、更なる合成振動についての研究をすすめ、合成振動について解明してほしい。また、並進振動、ねじれ振動を個々の振動として研究するだけでなく、それらの振動の関係性についても研究を行ってほしい。

#### 参考文献

- [1]P.W.Chen, L.E.Robertson `Human Perception Thresholds of Horizontal Motion, J.Struct Div.ASCE,Vol.98.NoST,Aug.1972
- [2]A.W.Irwin`Human Response to Dynamic Motion in Structures`The Structural Engineer, Vol,56A,No9,Sep.1978
- [3]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`日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)構造、1968
- [4]後藤剛史 `長周期大振幅複合水平振動に対する構造物および人体の応答に関する研究`文部省科試験研究成果報告書、1991年3月

## キーワード

超高層建築物、並進振動、ねじれ振動、合成振動

## Summary

### **Research on the oscillating consciousness by the vision on condition of the outside-of-the-window scene of a super-high-rise building**

Kenji Hara

Division of Engineering, Graduate School, Hosei University

Takeshi Goto

Faculty of Engineering, HOSEI University

A strong wind makes a super-high-rise building generate two kinds of long cycle level vibration called translation vibration and twist vibration. Many researches on a human body reaction or evaluation are done from a viewpoint of evaluation of habitability to translation vibration among them, and the standard and the indicator are enacted. However, this standard and indicator are aimed only at evaluation by physical feeling consciousness. By this research, when vibration has been perceived using the vision information from the outside-of-the-window scene of a super-high-rise building, the difference in the evaluation about the influence of a scene to evaluation of the vibration, translation vibration, twist vibration, and a synthetic vibration is investigated.

## Keywords

A super-high-rise building, translation vibration, twist vibration, synthetic vibration