

## 視覚機能に及ぼす振動の影響

大崎榮喜\*<sup>1</sup>・森元映治\*<sup>2</sup>・中村 誠\*<sup>2</sup>・平 雄一郎\*<sup>2</sup>

### The Effect of the Vibration on the Human Visual Ability

Eiki Osaki\*<sup>1</sup>, Eiji Morimoto\*<sup>2</sup>, Makoto Nakamura\*<sup>2</sup>, Yuichiro Taira\*<sup>2</sup>

This paper describes the results of experimental investigations of the relation between the function of the human sense of vision and the vibration. Vibrational experiments are performed by using a shaking table that is sinusoidally vibrated in the vertical direction at the frequencies. The visual acuity is measured by using Landolt's ring type eyechart in various environments. From the equation obtained by a least squares method, the relation between the visual acuity and the frequencies showed essentially straight lines.

#### 1 はじめに

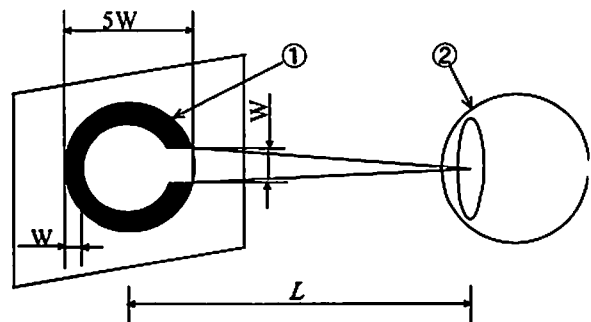
人間は外部からの情報のほぼ80%を視覚に依存しているといわれている。視覚機能に悪影響を及ぼすものの一つに環境振動がある。とくに、激しい機関振動を受ける小型漁船においては、この機械的な環境振動により視認識機能が低下し、計測機器の読み取り誤差が原因で機械・機器の操作に悪影響を及ぼしヒューマンエラーが発生することがある。したがって、振動環境下での視認識機能について検討することは、交通機関などの安全性にとって重要である。しかし、機械的な振動が人間に及ぼす影響に関しては、過去にいくつかの研究が報告<sup>1)2)</sup>されているが、影響因子が多く存在し、その関係は十分に解明されているとはいえない。振動が視認識に影響を及ぼす場合は、人体が振動しているとき、視認識対象が振動しているとき、および人体と視認識対象が共に振動しているときが考えられる。人体が振動している場合は、人体の各器官の振動特性と関係があり、とくに視覚については、眼球の共振振動が影響するなど医学的な検討が必要になると考えられる。

従来、振動が視覚機能に及ぼす影響に関する報告<sup>3)</sup>はあまりされていない。そこで、本報では、研究の第一段階として、視認識対象が垂直方向に振動している場合につい

て、人間の視認識機能と振動との関係を実験的に明らかにすることを目的とする。

#### 2 人間の視覚機能について

人間の明視性に直接関係するものとして視力があげられる。視力とは、2次元的に拡がった物の形や位置を見分ける能力で目の空間的な分解能力である。Fig. 1<sup>4)</sup>に示すように2点から発する光が1分の視角（網膜上では5 $\mu$ に相当する）で網膜に結ぶとき、それを2点として知覚できる



① Landolt's Ring ② Eyeball

Fig. 1. Landolt's Ring.

2003年8月21日受付. Received August. 21. 2003.

\* 1 水産大学校名誉教授

\* 2 水産大学校海洋機械工学科海洋環境工学講座 (Laboratory of Ocean Environmental Engineering, Department of Ocean Mechanical Engineering, National Fisheries University).

限界の視力を1.0として基準とする。視力測定に用いられる視標は、ランドルト環視標を用い、背景照度300~700lx、視距離 $l$ を5mで単眼ずつ測定するように定められている。ランドルト環視標は、Fig. 1に示すように黒い環の幅と切れ目幅が $W$ と等しく、黒い環の外形は $W$ の5倍と定められている。ランドルト環を用いた視力は、ランドルト環の切れ目幅 $W$ がようやく認識できたとき、その切れ目の幅が目に対して張る視角 $\theta$ を分の単位で表し、その逆数によって視力が定義されている。

### 3 実験装置および実験方法

認識対象が振動している場合の視認識機能を調べるため、Fig. 2に示すような装置を用いた。視認識測定装置には一般の視力検査に使用しているランドルト環視標を用いた。Fig. 2に示すように、実験では、視認識測定装置を電気油圧式加振台に取り付け、被験者をランドルト環視標からの距離 $L$ が1.7mの位置に置かれた椅子に座位させる。ランドルト環視標の切れ目方向は、視認識が最も困難であると考えられる振動方向に対して90度、および垂直振動では視認識に影響しないと考えられる振動と同一方向の場合の中間であると考えられる振動方向に対して45度である。なお、ランドルト環視標の切れ目幅 $W$ は、1.8mm、1.6mm、1.5mm、1.2mm、1.0mm、0.8mmである。実験は、ランドルト環の切れ目幅および方向を一定にし、垂直方向に全振

幅 $D$ を1.0mm、1.4mm、1.6mmでそれぞれ正弦波加振して行った。視認識の限界は、振動数5~35Hzまでの範囲で加振振動数を0.1Hz/sの速さで徐々に上げていき、ランドルト環視標の切れ目が認識不可能になった振動数を測定して求めた。被験者はA（矯正視力1.2）、B（矯正視力1.2）2名とし、それぞれの実験を3回ずつ行った。視標の照明は視標面の明るさを一様にするために、視標の背後を豆電球8W（700lx）で照射した。

### 4 実験結果

実験結果をFig. 3からFig. 8に示す。図の横軸は、ランドルト環の切れ目幅 $W$ と加振振幅 $D$ との関係を示すため、 $W$ と $D$ との比 $X$ 、縦軸は加振振動数 $F$  Hzである。図中●印は被験者A、○印は被験者Bがランドルト環視標の切れ目が認識不可能になった振動数の平均値、実線は線形近似である。加振振幅 $D$ が1.0mmのときの被験者Aおよび被験者Bの特性をFig. 3、Fig. 4にそれぞれ示す。加振振幅 $D$ が1.4mmのときの被験者Aおよび被験者Bの特性をFig. 5、Fig. 6にそれぞれ示す。加振振幅 $D$ が1.6mmのときの被験者Aおよび被験者Bの特性をFig. 7、Fig. 8にそれぞれ示す。なお、それぞれの図において、(a)はランドルト環視標の切れ目方向が振動方向と90度、(b)はランドルト環視標の切れ目方向が振動方向と45度の場合である。

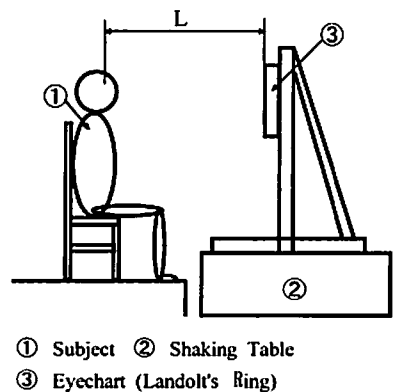
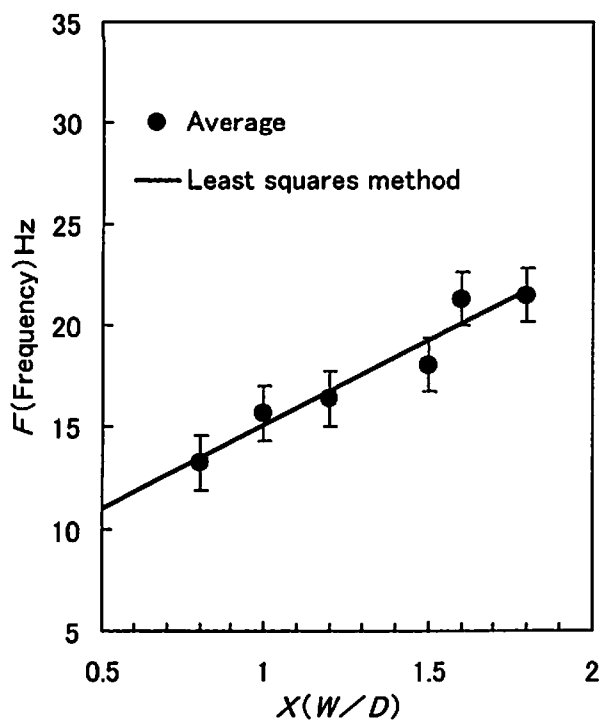
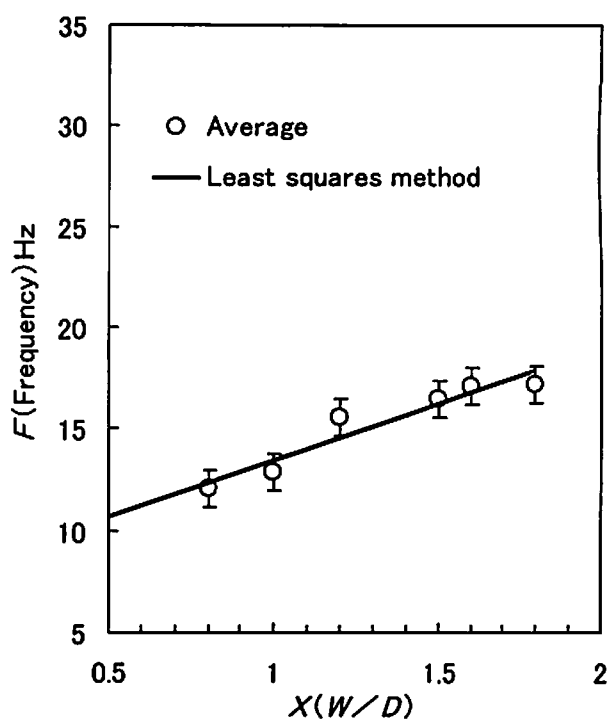


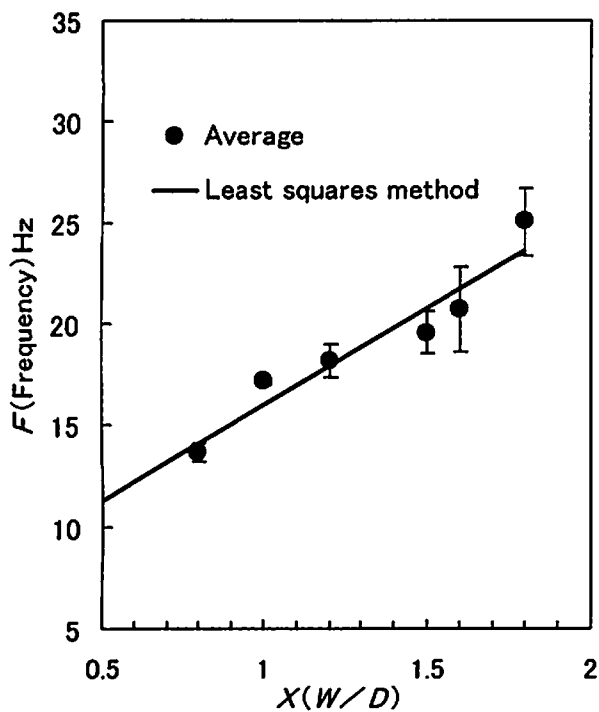
Fig. 2. Experimental Equipments.



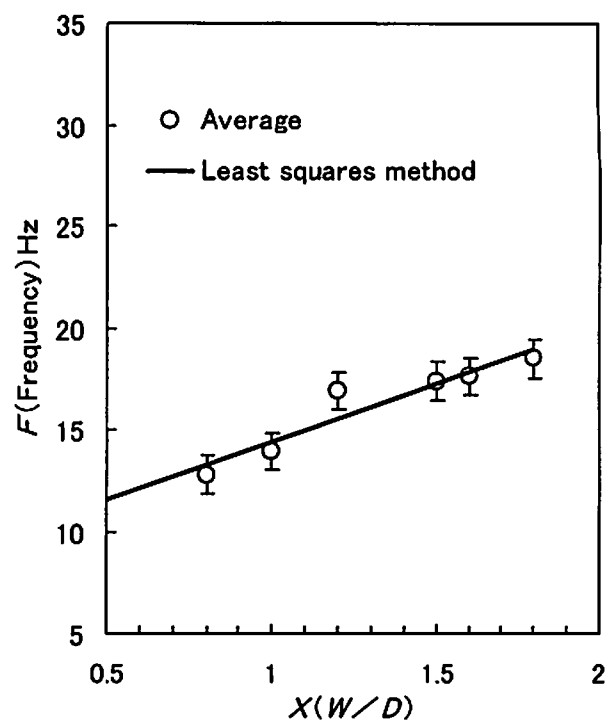
(a) The angle of  $W$  is  $90^\circ$



(a) The angle of  $W$  is  $90^\circ$



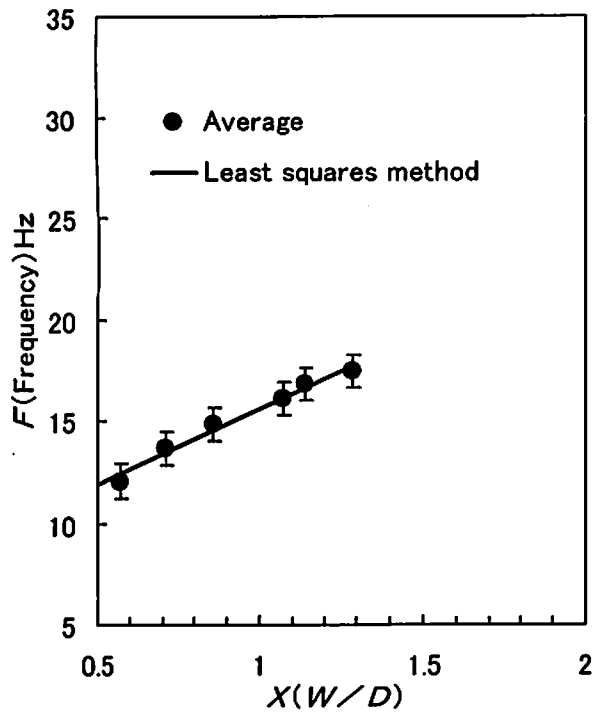
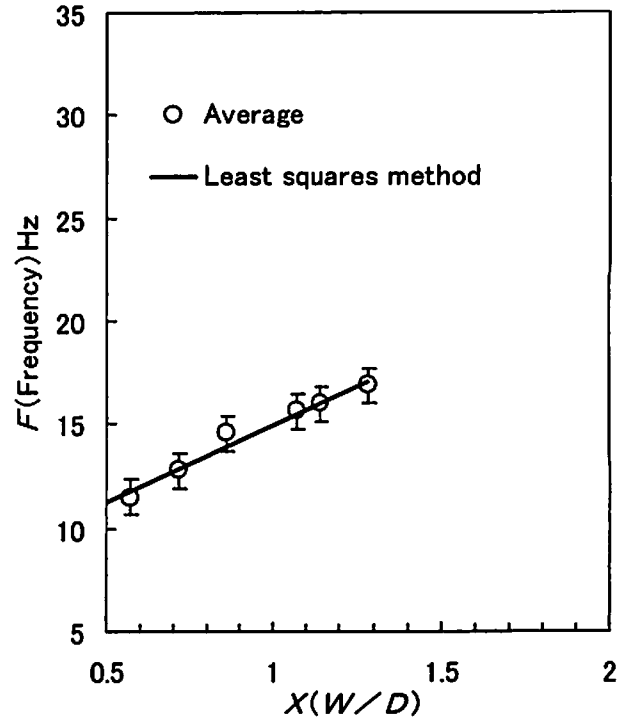
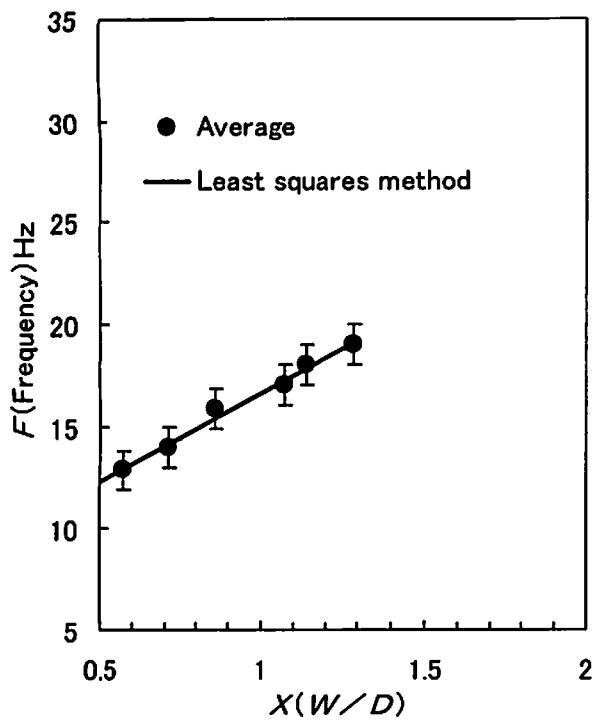
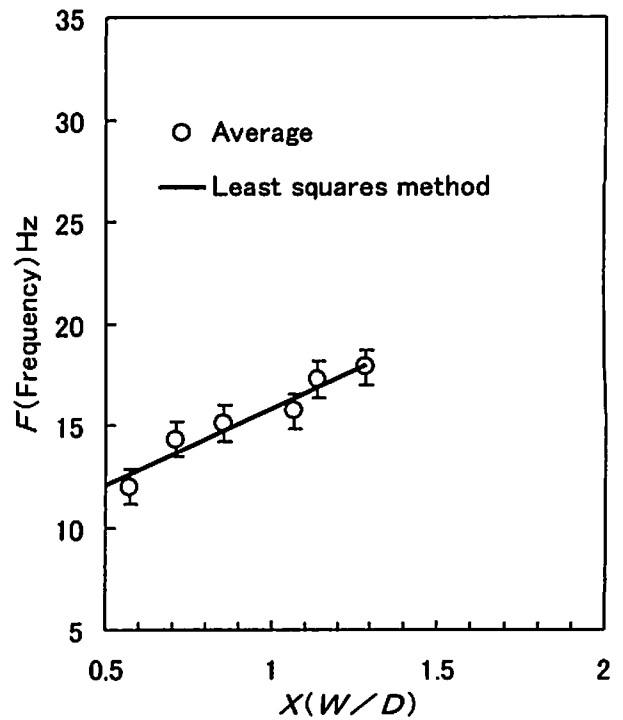
(b) The angle of  $W$  is  $45^\circ$



(b) The angle of  $W$  is  $45^\circ$

Fig. 3. Experimental Result. (Subject A,  $D=1.0$  mm)

Fig. 4. Experimental Result. (Subject B,  $D=1.0$  mm)

(a) The angle of  $W$  is  $90^\circ$ (a) The angle of  $W$  is  $90^\circ$ (b) The angle of  $W$  is  $45^\circ$ (b) The angle of  $W$  is  $45^\circ$ Fig. 5. Experimental Result. (Subject A,  $D=1.4 \text{ mm}$ )Fig. 6. Experimental Result. (Subject B,  $D=1.4 \text{ mm}$ )

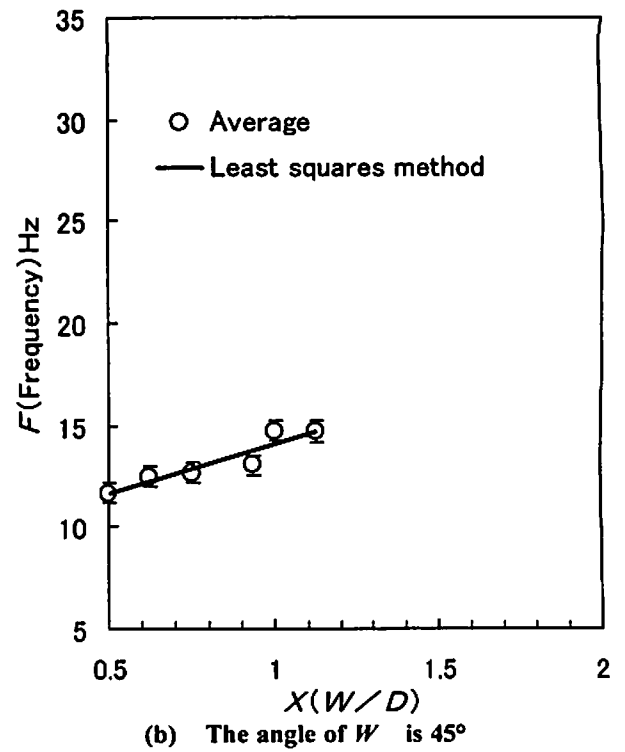
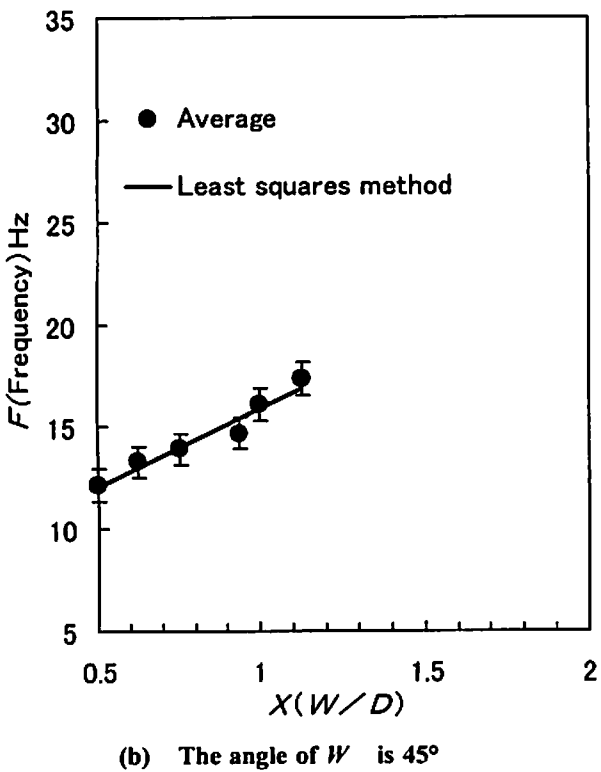
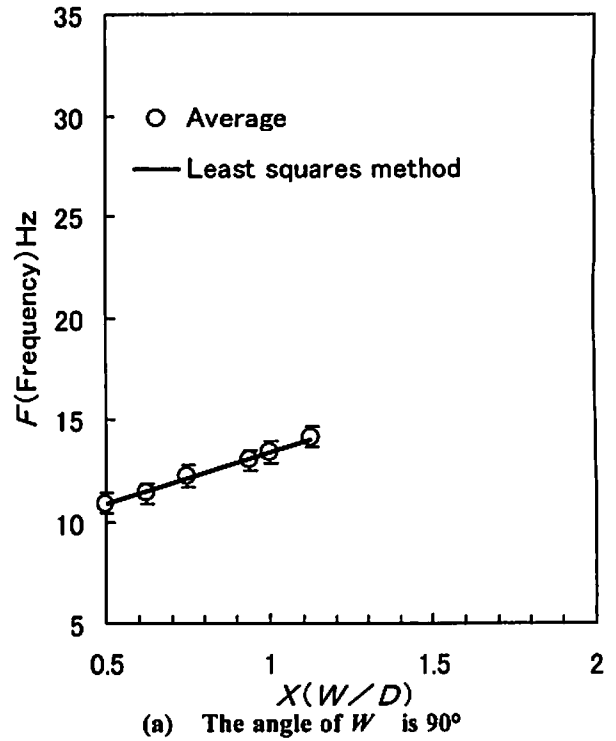
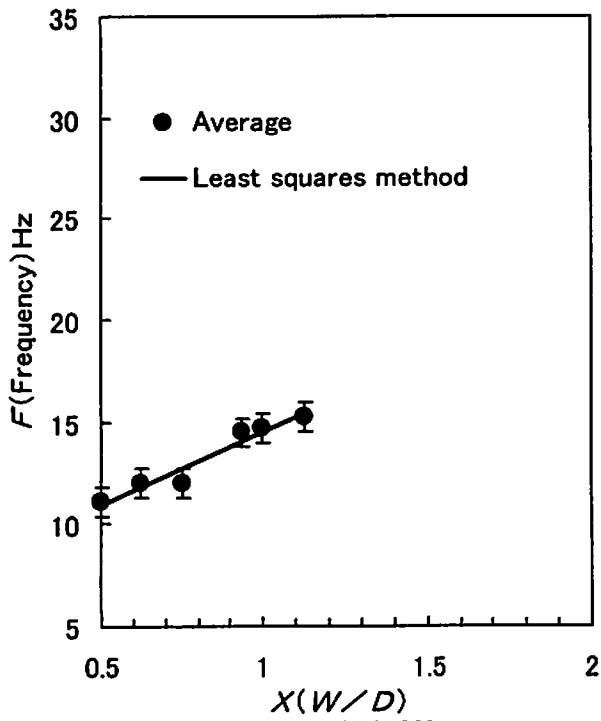


Fig. 7. Experimental Result. (Subject A.  $D=1.6$  mm)

Fig. 8. Experimental Result. (Subject B.  $D=1.6$  mm)

## 5 視覚機能についての検討

### 5.1 ランドルト環の切れ目方向が90度の場合

視認識が最も困難であると考えられるランドルト環視標の切れ目方向が90度で、これを垂直方向に加振した場合について検討する。実験結果を示すFig. 3 (a) からFig. 8 (a) で明らかなように、 $X (W/D)$  の値が大きいかほど高い加振振動数まで認識可能となる。この挙動は加振振幅が大きくなっても同様の傾向を示す。また、認識不可能となった振動数 $F_r$ と $X (W/D)$  との関係を経験的に線形近似すると、被験者Aは式 (1)、被験者Bは式 (2) でそれぞれ表すことができる。

$$F_r = 8.016 X + 7.128 \quad (1)$$

$$F_r = 5.447 X + 8.486 \quad (2)$$

被験者Aと被験者Bを比較すると、両者は同じ標準視力であるが、被験者Aの方が高い振動数まで認識することができる。これは、視覚機能が、単に標準視力や物理的要因のみに依存するのではなく、個人の身体的あるいは精神的要因に影響されるものと考えられる。

### 5.2 ランドルト環の切れ目が45度の場合

ランドルト環の切れ目が45度の場合、認識が不可能となった振動数 $F_r$ と $X (W/D)$  との関係を経験的に線形近似すると、Fig. 3 (b) からFig. 8 (b) の結果より被験者Aは式 (3)、被験者Bは式 (4) で表すことができる。

$$F_r = 8.856 X + 7.505 \quad (3)$$

$$F_r = 5.654 X + 9.125 \quad (4)$$

また、Fig. 3 (b) からFig. 8 (b) で明らかなように、5.1で述べた場合に比べて、被験者A、Bともに高い振動数まで認識可能であることがわかる。この場合は、ランドルト環視標の切れ目が横方向と振動方向（今回の実験では垂直方向）の中間であることが原因であると考えられる。このことは、予備実験において、振動方向に切れ目があるときには非常に高い振動数まで認識可能であったことから容易に推測することができる。

## 6 視覚機能の評価

ランドルト環視標の切れ目の方向が90度の際の被験者A、被験者Bの平均値をすべてプロットしたものがFig. 9、ランドルト環視標の切れ目の方向が45度の際の被験者A、被験者Bの平均値をすべてプロットしたものがFig. 10である。

なお、図中の記号は4章で述べたものと同様である。実験結果から、振動に対する視認識機能は、被験者の個人差が多少あるにしても、総合的に評価すると、 $X (W/D)$  と認識が可能となった振動数 $F_r$  との関係は、Fig. 9およびFig. 10の結果から、ほぼ次のような線形近似式で表すことができる。

(i) ランドルト環視標の切れ目が振動方向に対して90度方向の場合は次式で表すことができる。

$$F_r = 6.715 X + 7.847 \quad (5)$$

(ii) ランドルト環視標の切れ目が振動方向に対して45度方向の場合は次式で表すことができる。

$$F_r = 7.279 X + 8.273 \quad (6)$$

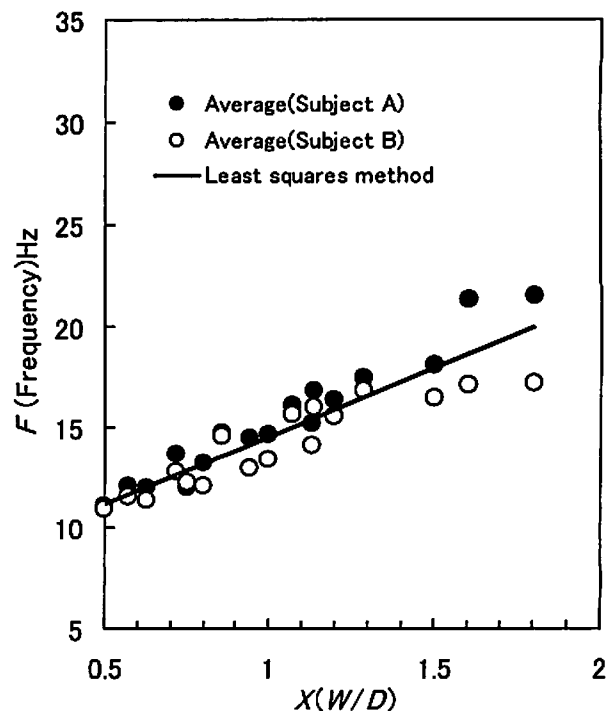


Fig. 9. Evaluation of Visual Acuity (the Angle of  $W$  is  $90^\circ$ ).

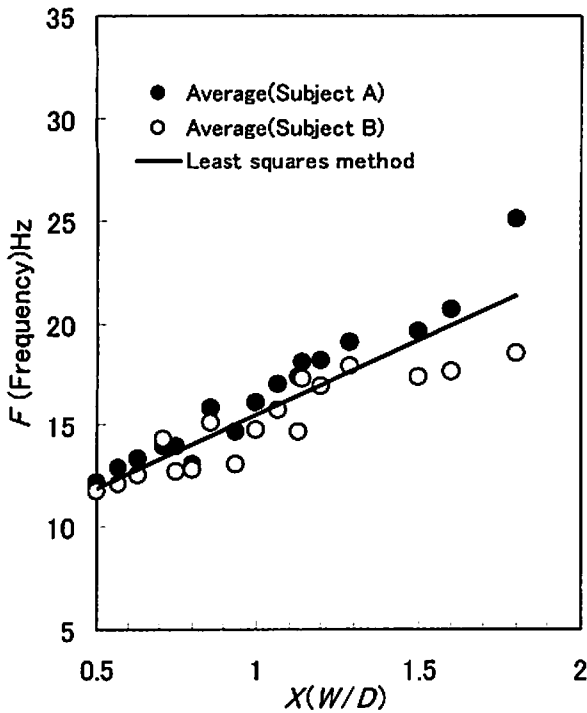


Fig.10. Evaluation of Visual Acuity (the Angle of  $W$  is  $45^\circ$ ).

7 おわりに

認識対象（ランドルト環）が振動しているときの視覚の認識機能について検討した結果，次のことが明らかとなった。

1) ランドルト環の切れ目の幅  $W$  と加振振幅  $D$  との比  $X$  と認識が不可能となった振動数  $F_r$  とはほぼ比例し，線形近似式で表すことができる。

2) ランドルト環の切れ目の幅  $W$  が振動方向に対して  $90^\circ$  度方向の場合は， $W$  が振動方向に対して  $45^\circ$  度方向の場合に比べ認識振動数は低くなる。

3) 今回は，2名の同一視力をもつ被験者について実験を行ったが，一般論として結論づけるにはより多くの被験者による実験データの集積が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) C. M. Harris and C. H. Crede : Shock and Vibration Hand Book, McGRAW-HILL COMPANY, New York, 1961, pp.1 -49.
- 2) 大崎榮喜：日本人間工学会中国・四国支部講演予稿集, 27, 14-15 (1996) .
- 3) D. J. Osborne, T. O. Heath and P. Boarer : Ergonomics, 24, 301-313 (1981).
- 4) A. Kjellberg and B. O. Wikstrom : J. Sound and Vibration, 99, 414-424 (1985).
- 5) J. C. Helmkamp, G. R. Redmond and E. M. Cottingham : Am. Ind. Hyg. Assoc. J, 46, 15-19 (1985).
- 6) F. M. L. Amirouche : Transactions of the ASME, 109, 210-217 (1987).
- 7) 玉置 元・鈴木浩平・吉村拓也：Dynamics & Design Conference シンポジウム講演論文集, 920-55 ( I ), 94-98 (1992).
- 8) 大島正光：生体振動論，東京大学出版会，東京，1969, pp.72-90.