

正弦振動に対する人間の感覚弁別閾値

○ 大林道路 正会員 陰地 康
 埼玉大学工学部 正会員 松本泰尚
 産業医学総合研究所 前田節雄

1. はじめに

振動振幅に対する感覚弁別閾値とは、人間が知覚できる最小の振動振幅の差異のことをいう。人間の身体は、例えば、自動車や鉄道車両等によって生じる振動、工場の操業や建設工事等に起因する振動等、日常生活において、常に様々な振動に暴露されている。これらに起因する振動問題の対策において、人間が知覚できる振動の大きさの差を知ることは有用である。そこで、本研究では、身体全体が振動を受ける、いわゆる全身振動に対する感覚弁別閾値を、鉛直正弦振動を対象として実験により測定することを目的とした。

2. 実験方法

16 人の男性被験者に同一振動数で振幅の異なる 2 つの鉛直正弦振動を比較させることにより、その振動数に対する弁別閾値を測定した。すなわち、1 つの振動（基準振動）はその実効値を 0.70m/s^2 r.m.s. に固定し、対になる振動（テスト振動）の振幅を変化させ、被験者に比較させた。各振動の継続時間はそれぞれ 4 秒間で、基準振動とテスト振動の間に 2 秒間の休止をとった。実験は 4, 8, 16, 31.5, 63, 80 Hz の計 6 つの振動数で行った。図 1 に 4 Hz の入力振動波形の例を示す。被験者の実験中の姿勢は座位で行った。図 2 に実験風景を示す。

1 回目の試行はテスト振動の振幅と基準振動の振幅の差を 0.25dB（約 2.9%）とし、その後は基準振動とテスト振動の振幅差を 0.25 dB ステップで増加させた。各試行後、基準振動とテスト振動の加速度実効値を記録するとともに、実験者が被験者に 2 つの振動のうちどちらを大きく感じたか質問し、被験者が正解するまで振幅差を増加させた（極限法）。この時、テスト振動の振幅を基準振動の振幅より増加させる場合、減少させる場合の 2 通りと、基準振動とテスト振動の順序を変えた‘基準→テスト’、‘テスト→基準’の 2 パターンを組み合わせた 4 通りを 3 回ずつ、計 12 回の一連の試行を行った。被験者が正解した試行での振幅差と、その 1 ステップ前の試行での振幅差の平均値をその一連の試行における弁別閾値とし、さらにそのように得られた 12 回の一連の試行における弁別閾値の平均値を、対象とする振動数の鉛直正弦振動に対する弁別閾値（絶対弁別閾値）とした。

ここで、Weber の法則によれば、一般に外界からの刺激の基準となる大きさ(S)と人間の弁別閾(DS)は、ほぼ比例関係にある($DS/S = \text{constant}$)と言われている。そこで、本研究で得られた絶対弁別閾値(DI)を、基準振動振幅($I = 0.70\text{m/s}^2$ r.m.s.)で除した値を相対弁別閾値とし、既往の研究^{1, 2)}と比較した。

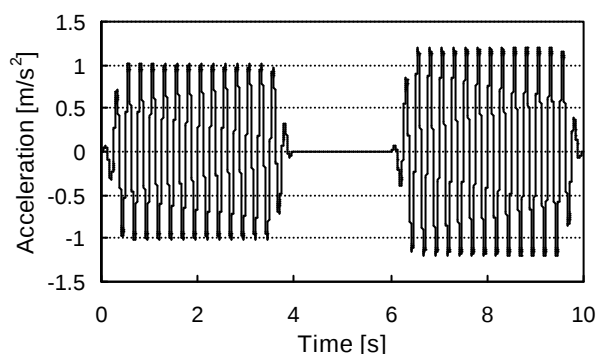


図1 入力振動波形の例



図2 実験風景

キーワード： 振動，人間，知覚，弁別閾値

連絡先： 〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保 255 Tel: (048) 858-3557 Fax: (048) 858-7374

3. 実験結果及び考察

図3と図4に、本実験で用いた6つの振動数における被験者16人の絶対弁別閾値(D/I)と相対弁別閾値($D/I/I$)の平均値と標準偏差を示す。また図中には、Bellmannら¹⁾の実験結果も示している。Bellmannらの実験は本実験とは振幅の異なる基準振動(基準振動振幅 $I = 0.063 \text{ m/s}^2$)を用いて行われた。

図3に示す本実験の絶対弁別閾値の平均値を振動数間で比較すると、最大で41.5%の差が見られた。被験者16人の弁別閾値の振動数間における差を、統計解析(ウィルコクソンの符号付き順位検定)により検討した結果を表1に示す。4 Hz – 16 Hz、4 Hz – 31.5 Hz、4 Hz – 63 Hz、8 Hz – 31.5 Hz 間で弁別閾値に有意差が認められた(有意水準 $p = 0.05$)。既往の研究の結果^{1, 2)}では、用いた振動数が本実験とは異なるものの、弁別閾値の振動数依存性は認められていない。

本実験で得られた絶対弁別閾値と Bellmann らの実験値とを両実験で共通の振動数である 16 Hz と 31.5 Hz で比較すると、本実験の平均値の方が Bellmann らの実験値より、それぞれ約 $0.037 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$ 、約 $0.038 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$ だけ大きかった。また、相対弁別閾値を比較すると、Bellmann らの実験では平均値で 15 ~ 20% であるのに対し、本実験では 5 ~ 8% とより小さい値が得られた。弁別閾値の測定方法が異なることや、被験者の差、その他の実験条件の違いのため、これらの値の単純な比較は困難であるが、図4に見られるように、両者には互いの実験値の標準偏差以上の差がある。今後、振動刺激に対しても Weber の法則が成立するかどうか検討する必要がある。

4. まとめ

(1) 鉛直正弦振動に対し、基準振動が $0.70 \text{ m/s}^2 \text{ r.m.s.}$ の時、座位の被験者は、約 $0.03 \sim 0.05 \text{ m/s}^2$ の振動振幅の差を知覚できることがわかった。

(2) 振動数 4 Hz では、本研究で用いた他の振動数に比べ、より小さな振幅差を知覚できることがわかった。また、本研究で用いた 16 Hz 以上の振動数では、各振動数の弁別閾値の間に有意な差は認められなかった。

(3) 本研究と既往の研究との比較より、基準振動振幅が増加するに伴い、絶対弁別閾値は増加する傾向が見られ、また相対弁別閾値は減少する傾向が見られたが、この傾向は今後の研究で確認する必要がある。

参考文献 1) Bellmann, M. A., Mellert, V., Remmers, H., and Weber, R.: Experiments on the perception of whole-body vibration. Proceedings of the 35th United Kingdom Group Meeting on Human Responses to Vibration, Southampton, England, 355-363, 2000. 2) Morioka, M., and Griffin, M. J.: Difference thresholds for intensity perception of whole-body vertical vibration: effect of frequency and magnitude. Journal of Acoustical Society of America 107(1), 620-624, 2000.

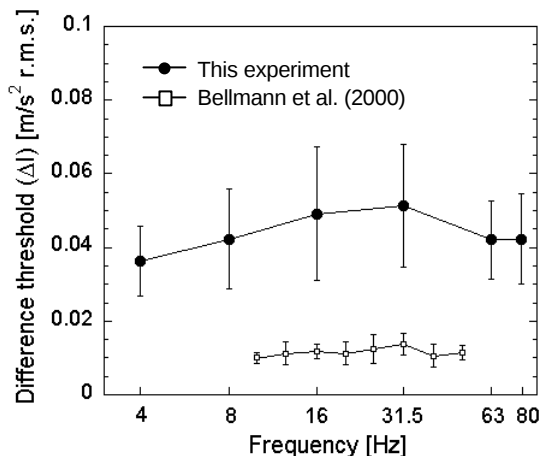


図3 絶対弁別閾値の平均値と標準偏差

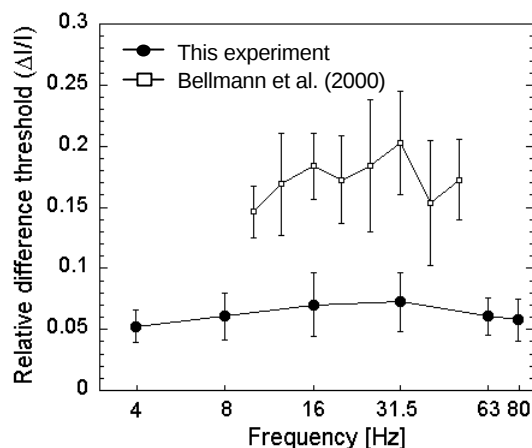


図4 相対弁別閾値の平均値と標準偏差

表1 振動数間の絶対弁別閾値の比較に対するウィルコクソンの符号付き順位検定の結果 (**: $p < 0.05$)

	4Hz	8Hz	16Hz	31.5Hz	63Hz	80Hz
4Hz	---	0.079	0.012**	0.004**	0.039**	0.134
8Hz		---	0.233	0.026**	0.796	0.959
16Hz			---	0.609	0.211	0.211
31.5Hz				---	0.121	0.056
63Hz					---	0.918
80Hz						---