

ゼリー免震における ゼラチン濃度と減衰定数の関係

福井県立武生高等学校

目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

日本にある様々な地震対策

耐震

揺れに耐える



制震

揺れを吸収する



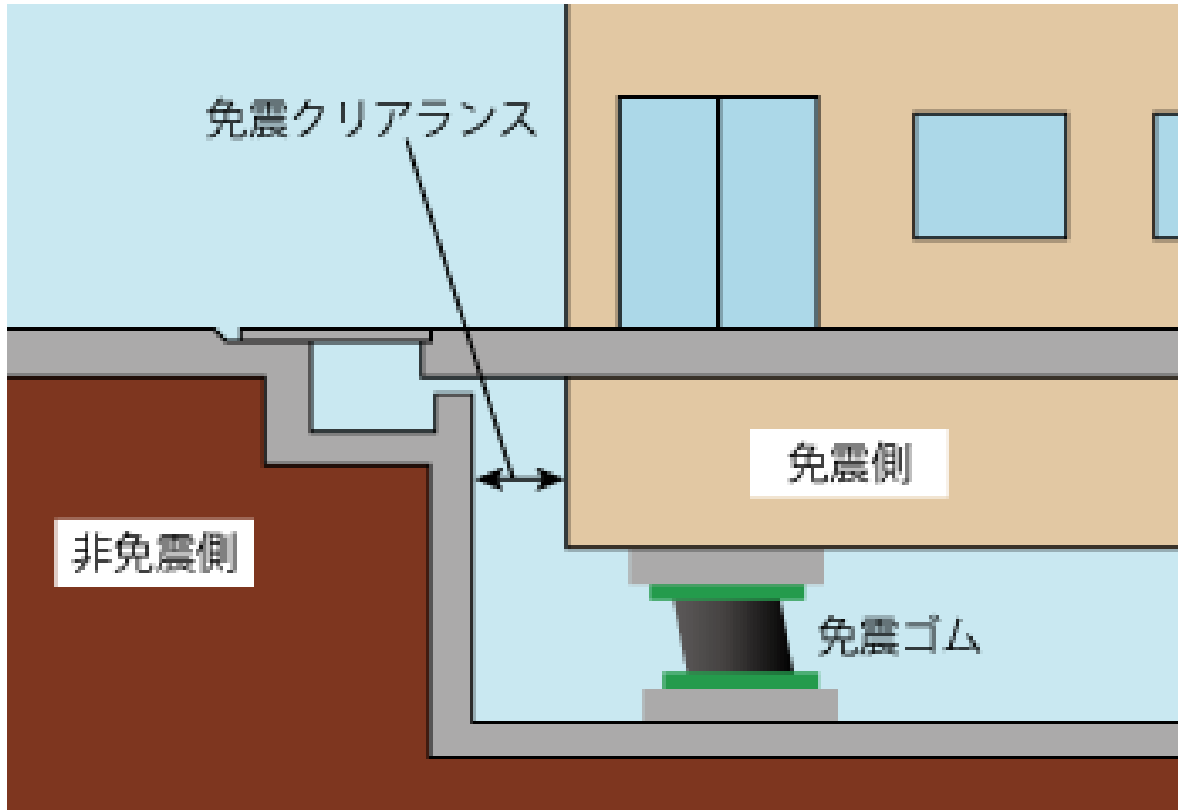
免震

揺れを伝えない

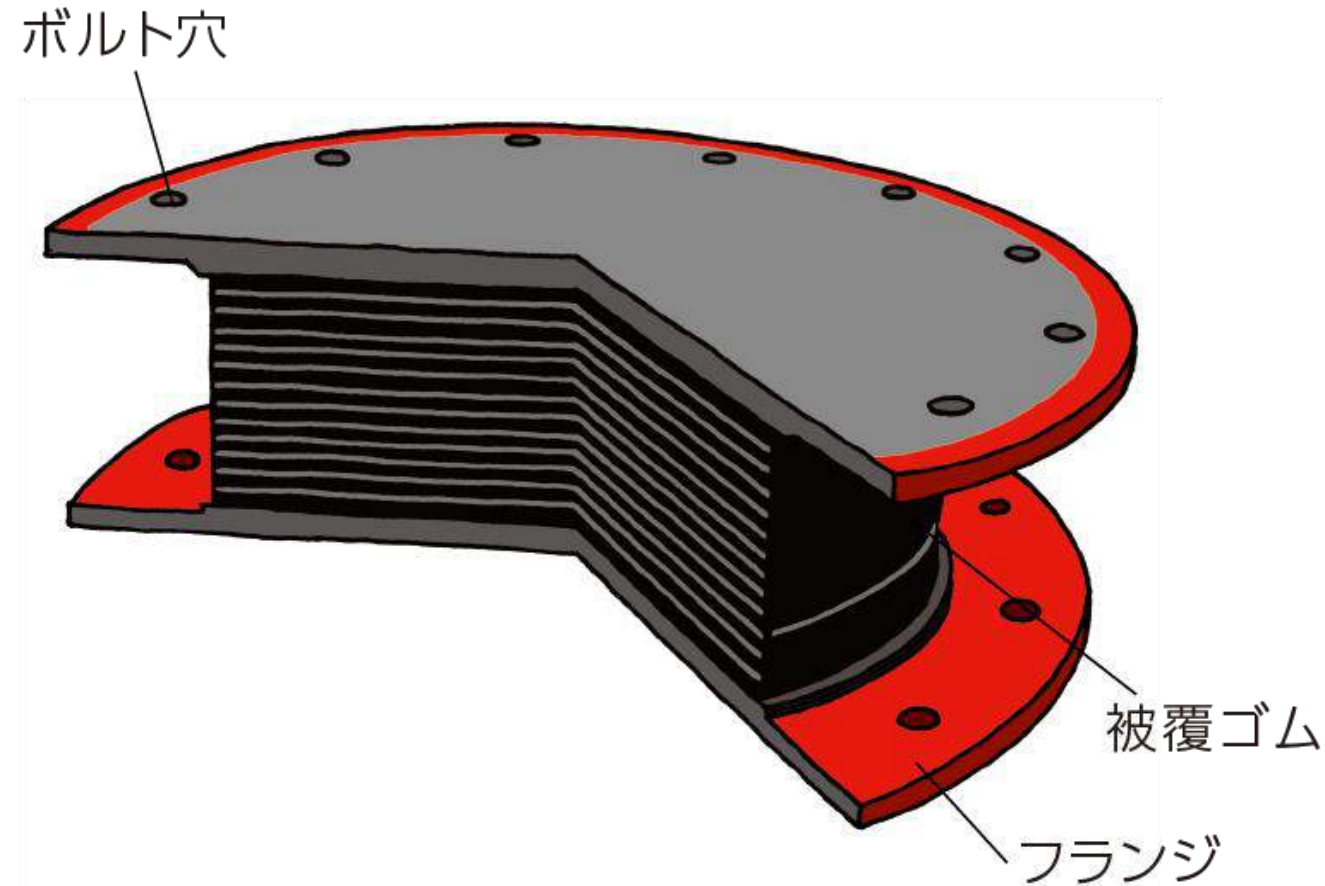


(コーギーハウジング株式会社より)

免震ってどんな構造？



(株式会社マテリアルリサーチより)



(株式会社ブリヂストンより)

なぜゼリーなのか

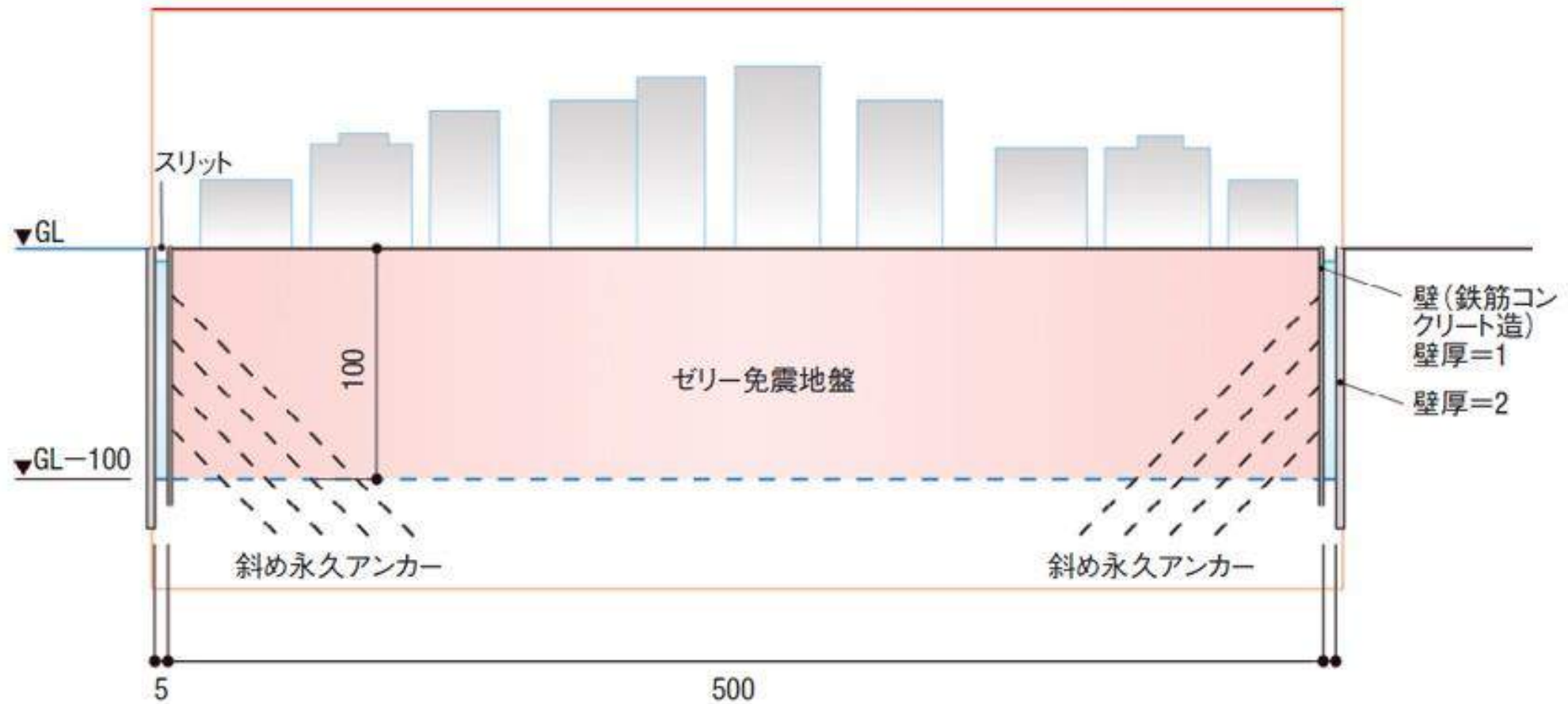
- 埋立地のように水分の多い土地をゼリー化し免震構造を築くことができる
- 制作が簡単

日本で考えられている地震対策

「ゼロ一免震都市構想」

（大林組）

ゼリー免震都市構想



(大林組より)

→ゼリーの詳細な条件の記載は見られなかった。

目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

免震に適したゼリーの条件を見つける

目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

ゼリーには免震効果があるのか

目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

ゼリーには免震効果があり
分厚くゼラチンの濃度が低い
ゼリーが最適である

ゼリーには免震効果があり
分厚くゼラチンの濃度が低い
ゼリーが最適である

積層ゴム(合成ゴム)で免震ができる理由



弾性力がある

ゼリーにも弾性力がある

ゼリーには免震効果があり
分厚くゼラチンの濃度が低い
ゼリーが最適である

$$(\text{建物の振幅}) = \frac{1}{\left| 1 - \frac{f^2}{f_n^2} \right|} \times (\text{地震の振幅})$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

f_n 共振周波数

f 地震の周波数

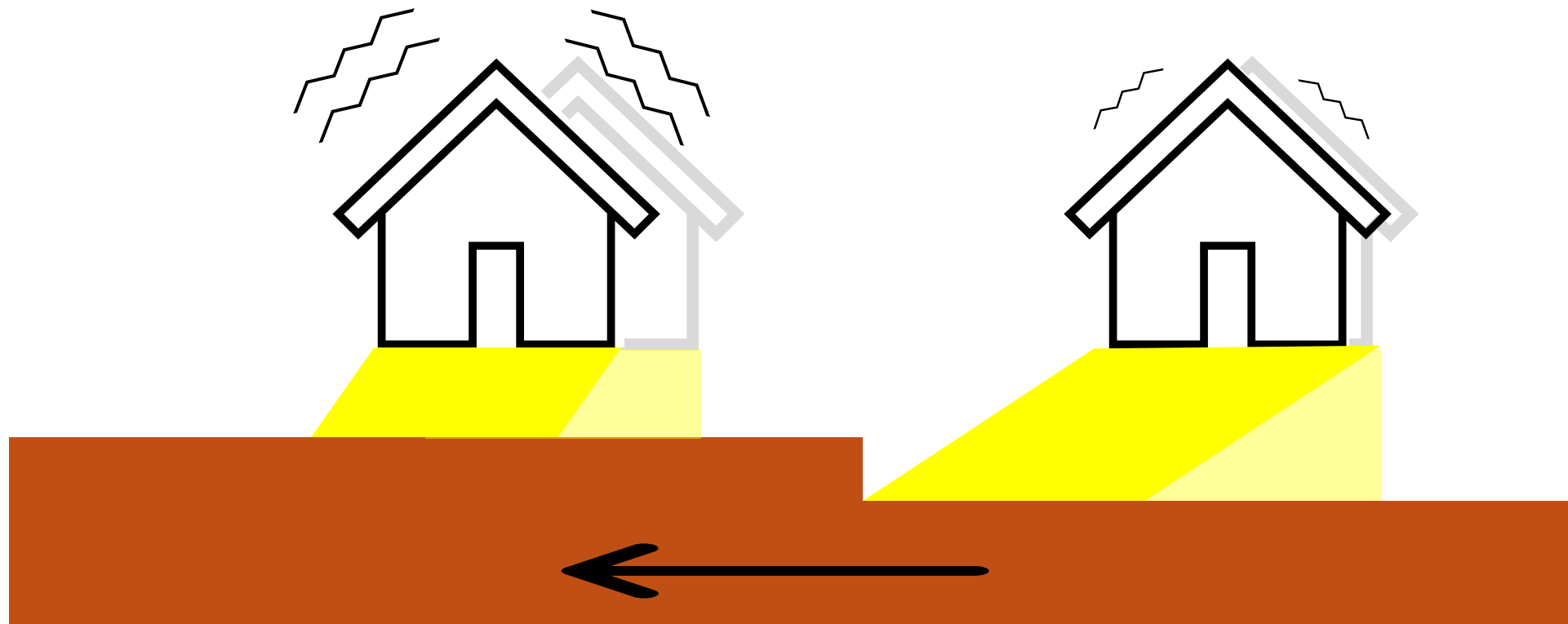
k ばね定数

m 建物の質量

ばね定数(k)が小さい → 建物に伝わる揺れが小さくなる



濃度が低く
分厚い → バネ定数が小さく、変形しやすい



仮説

ゼリーには免震効果があり
分厚くゼラチンの濃度が低い
ゼリーが最適である

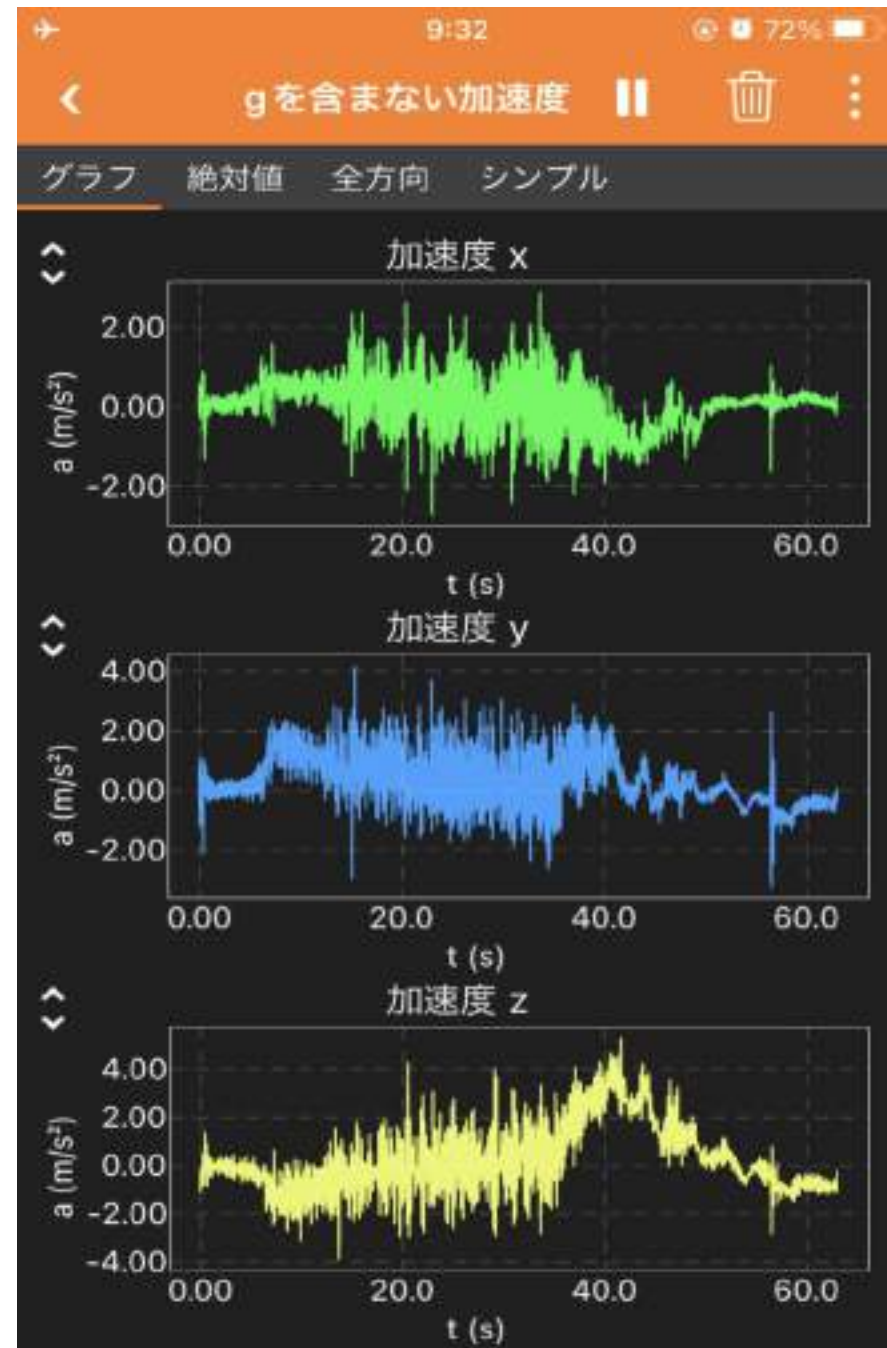
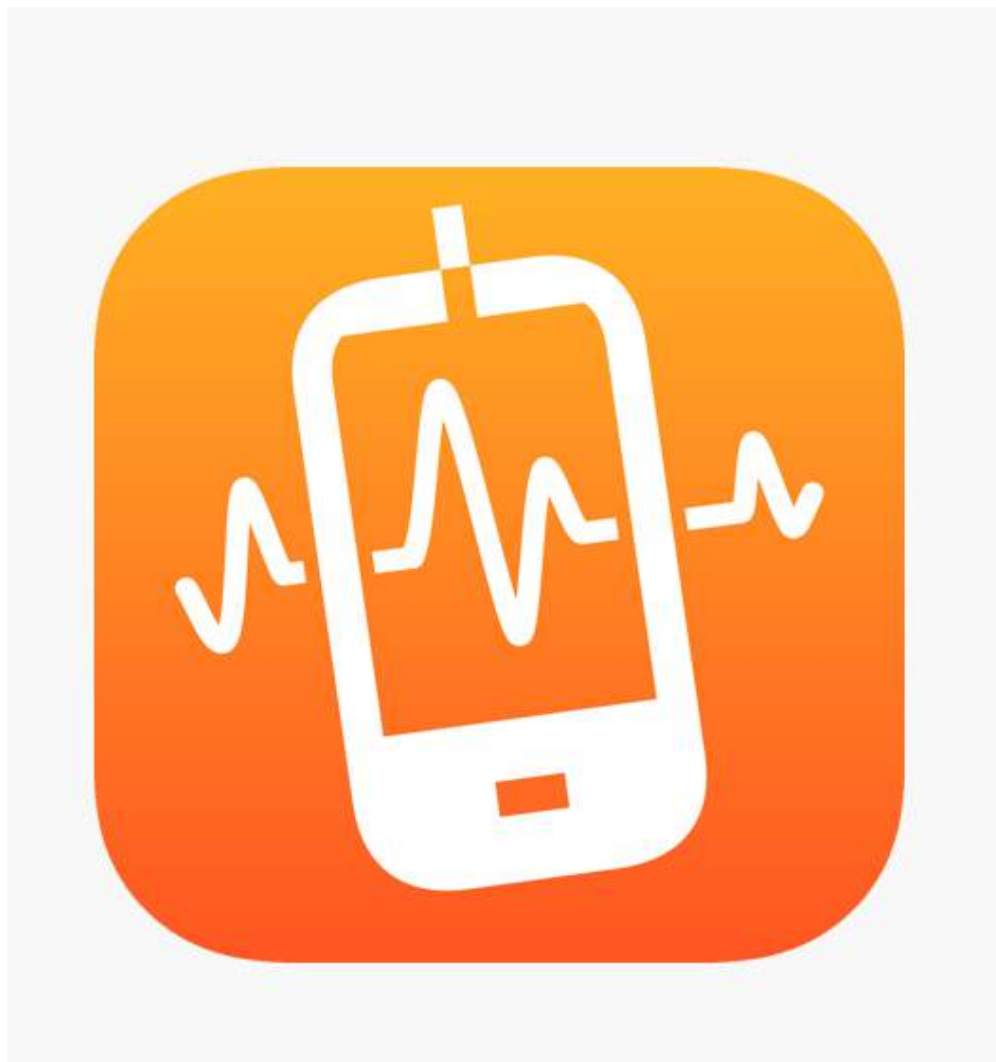
目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題



15×9×9(cm)

Phyphox











濃度(質量%)

5%

10%

20%

30%



高さ

0.5cm

1cm

2cm

4cm



全てゼラチン濃度20%



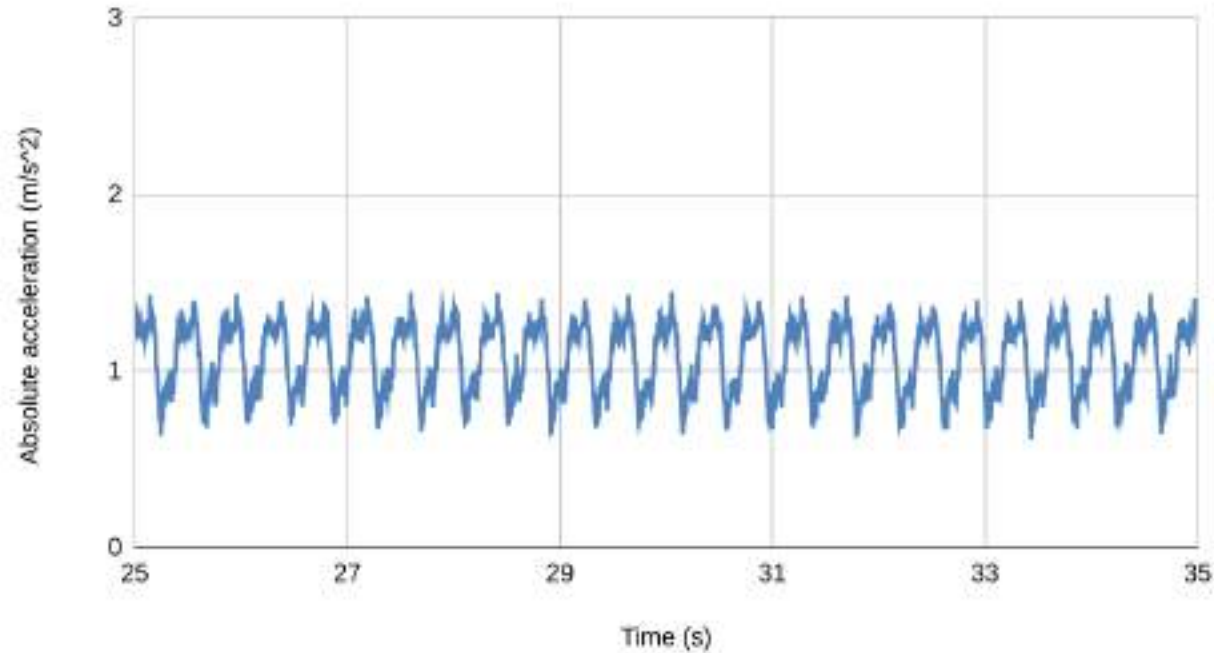


揺れの大きさ

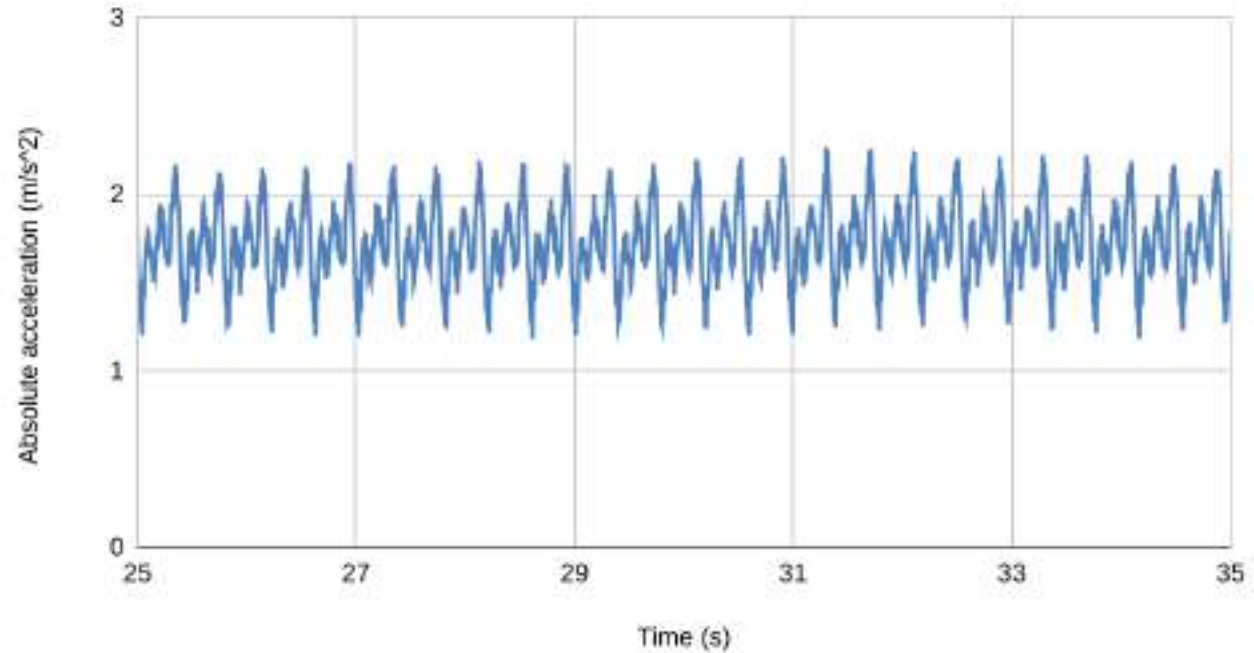
小...1.01V

大...1.21V

Absolute acceleration (m/s²) と Time (s)



Absolute acceleration (m/s²) と Time (s)



横軸...時間[s] 縦軸...加速度の絶対値[m/s²]









目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

減衰定数(値が大きい→免震効果あり)

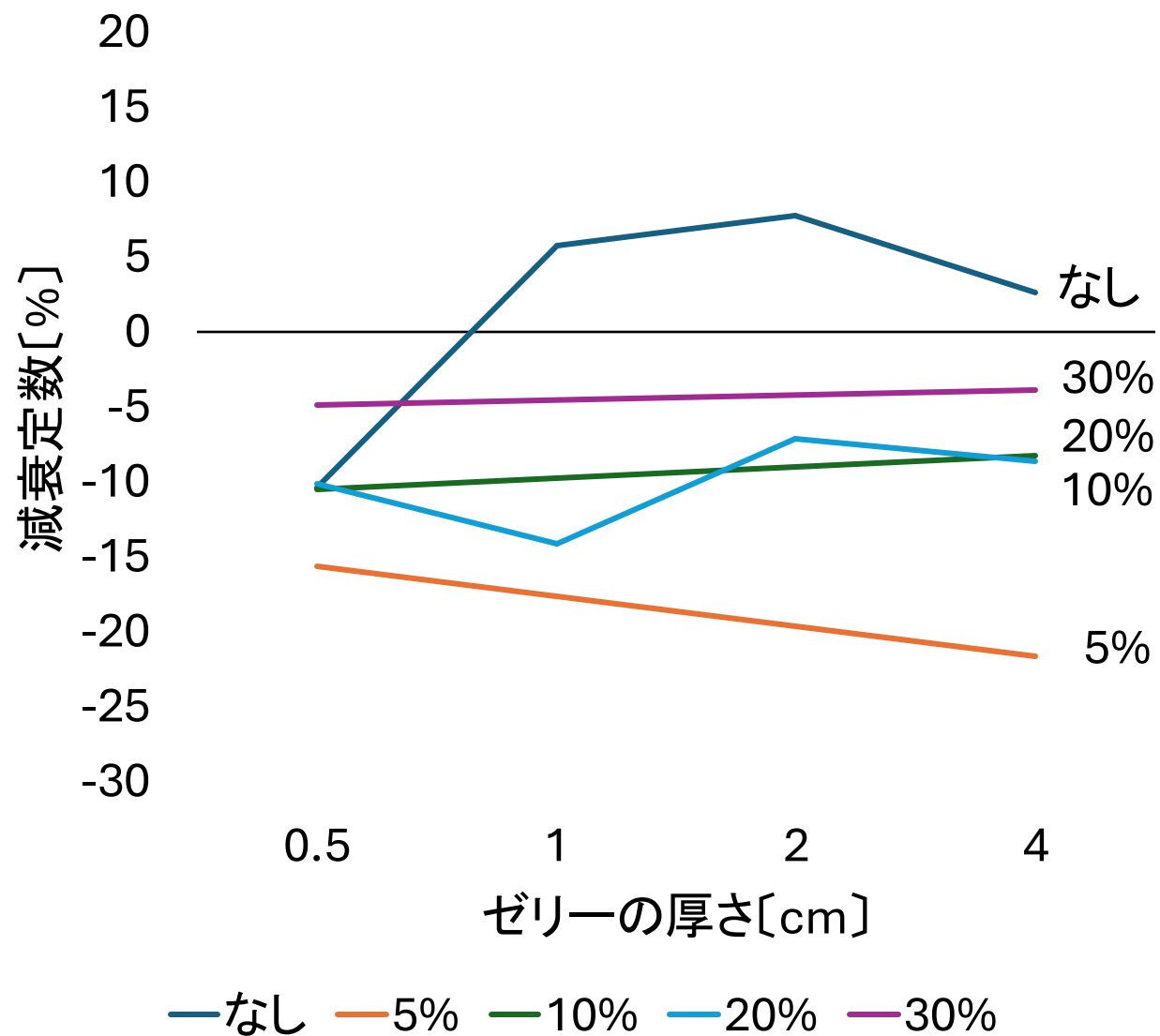
$$\frac{\text{基準の揺れ} - \text{建物の揺れ}}{\text{基準の揺れ}} \times 100(\%)$$

積層ゴムの減衰定数...10～20%

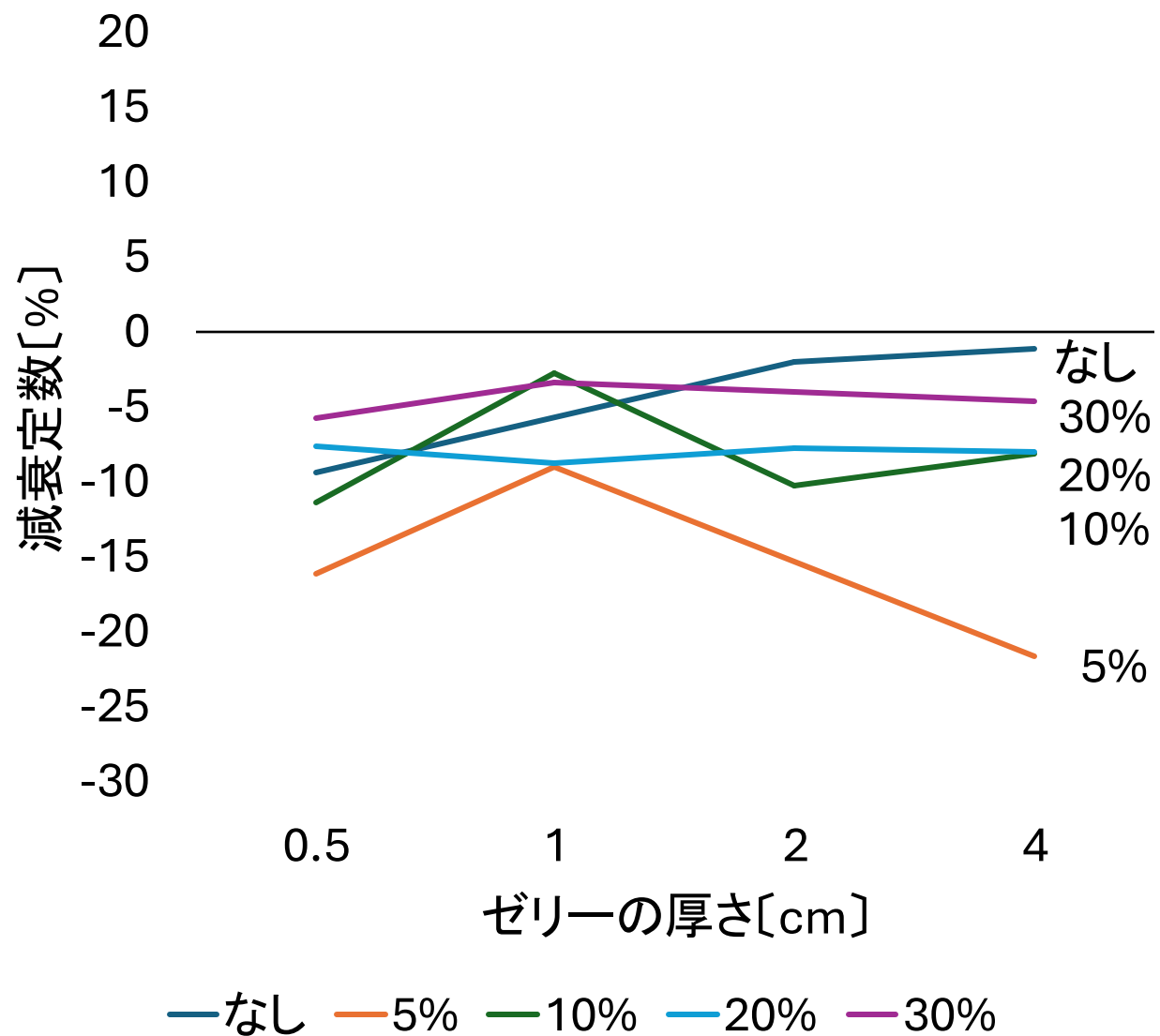


15×9×9(cm)

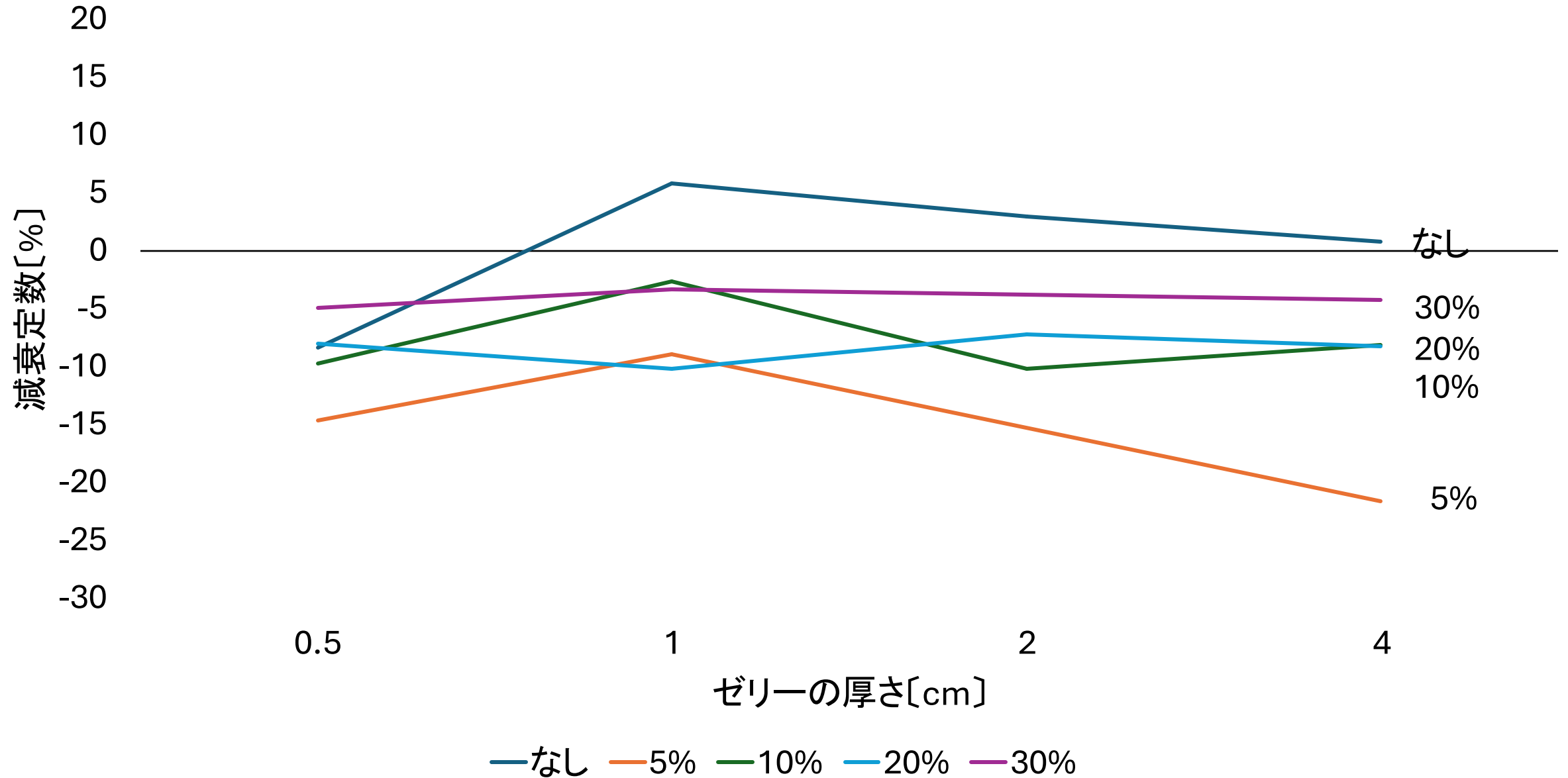
減衰定数とゼラチン濃度と厚さ
【下・揺れ小】



減衰定数とゼラチン濃度と厚さ
【下・揺れ大】



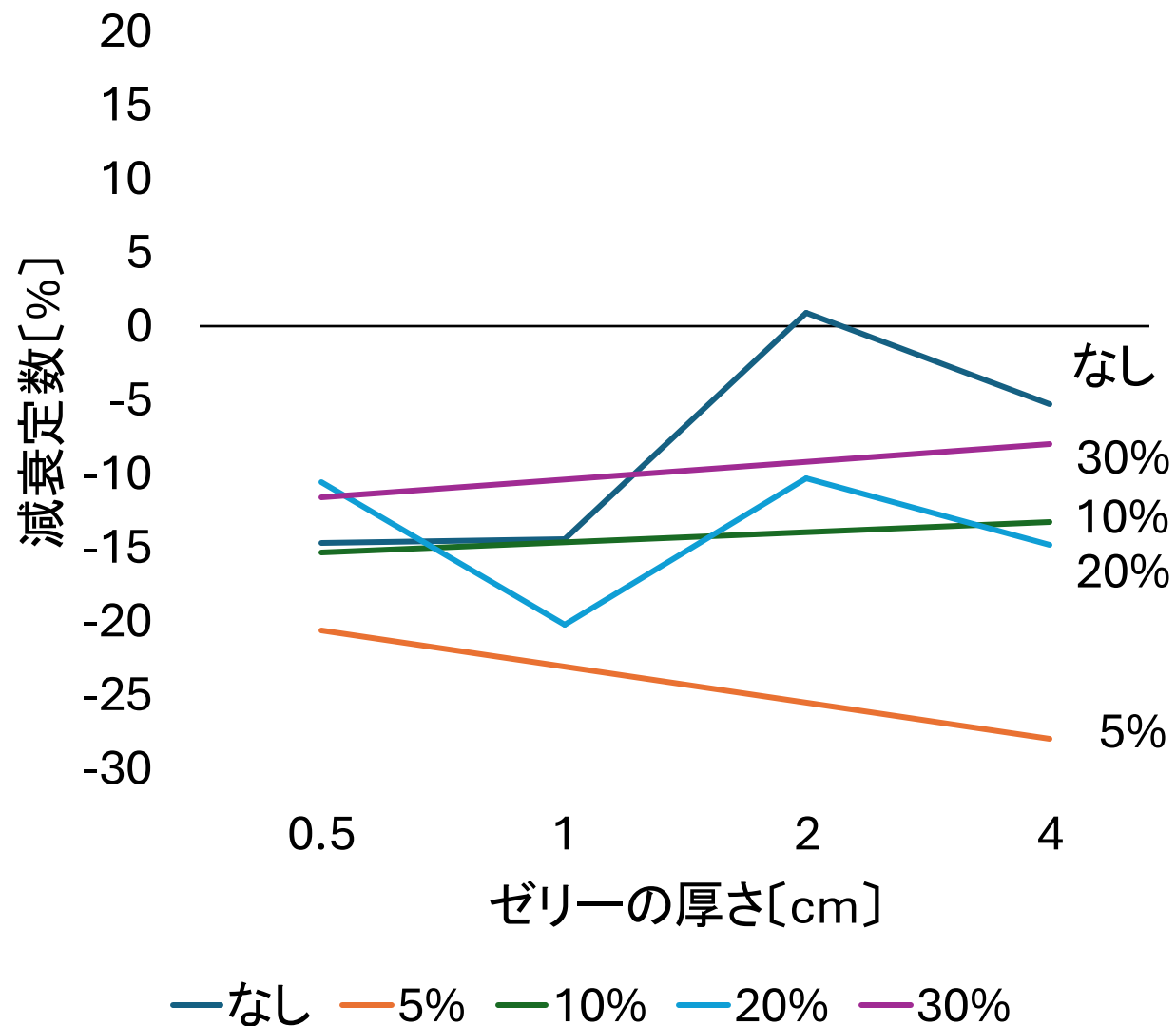
減衰定数とゼラチン濃度と厚さ【下・揺れ平均】



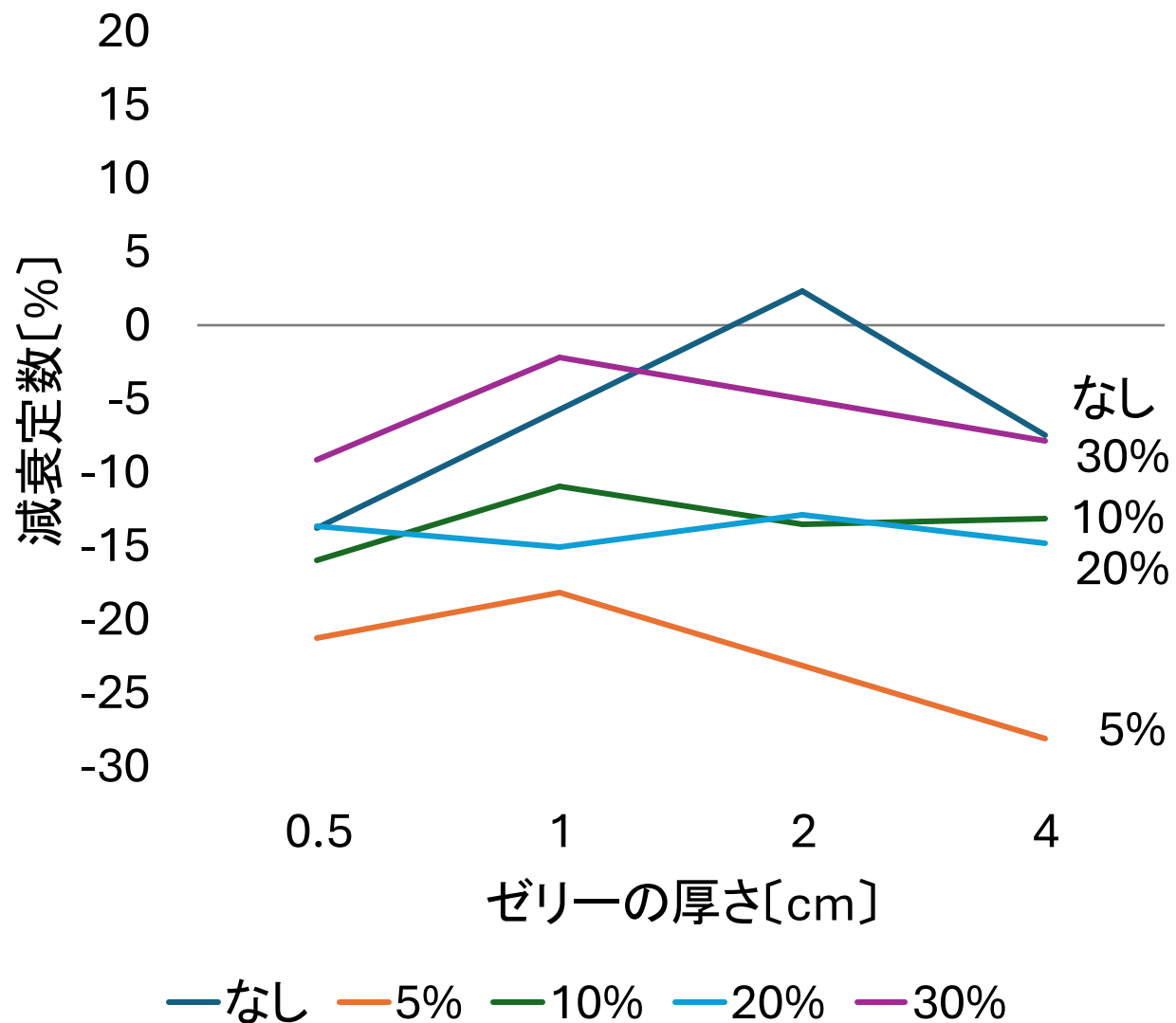


15×9×9(cm)

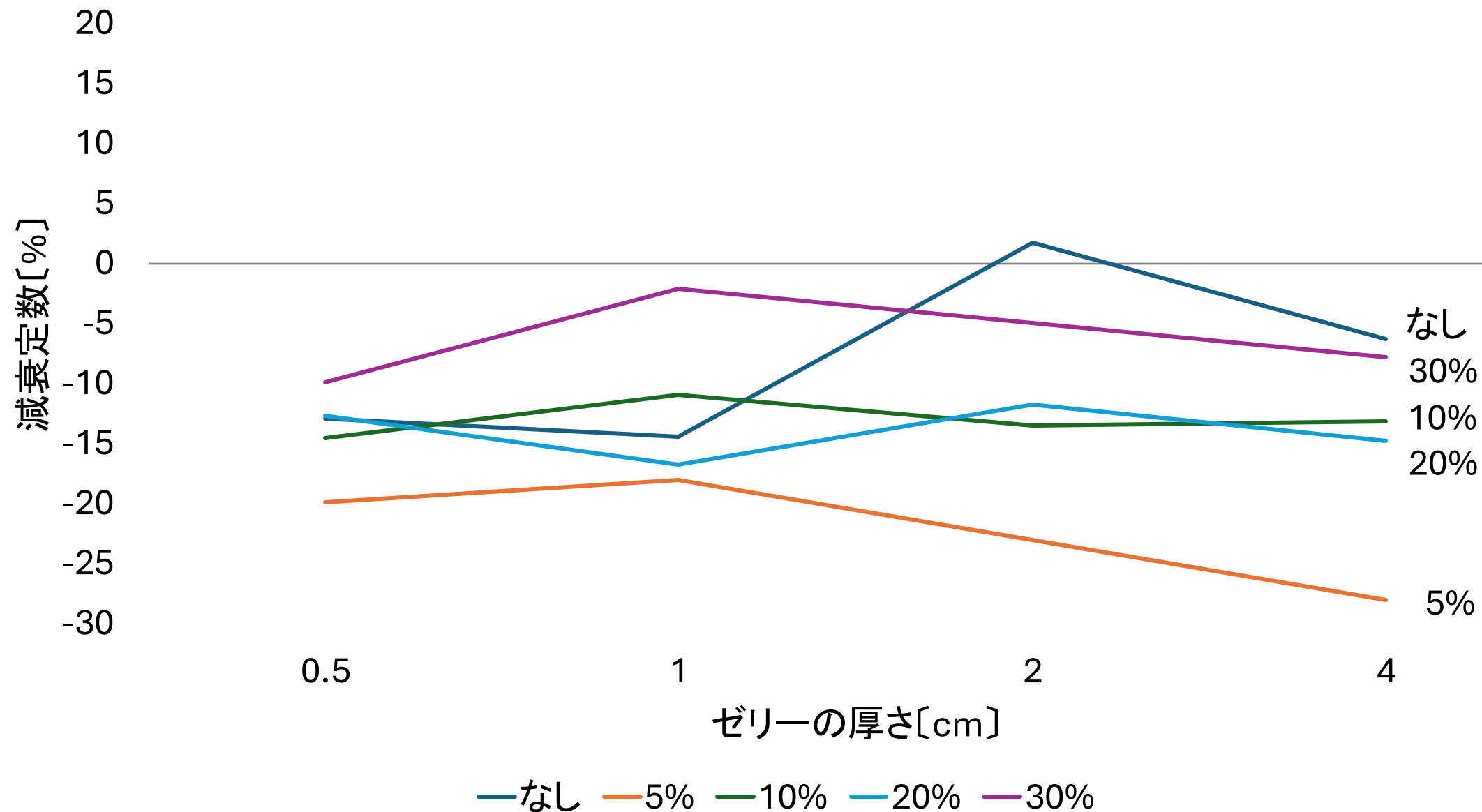
減衰定数とゼラチン濃度と厚さ
【上・揺れ小】



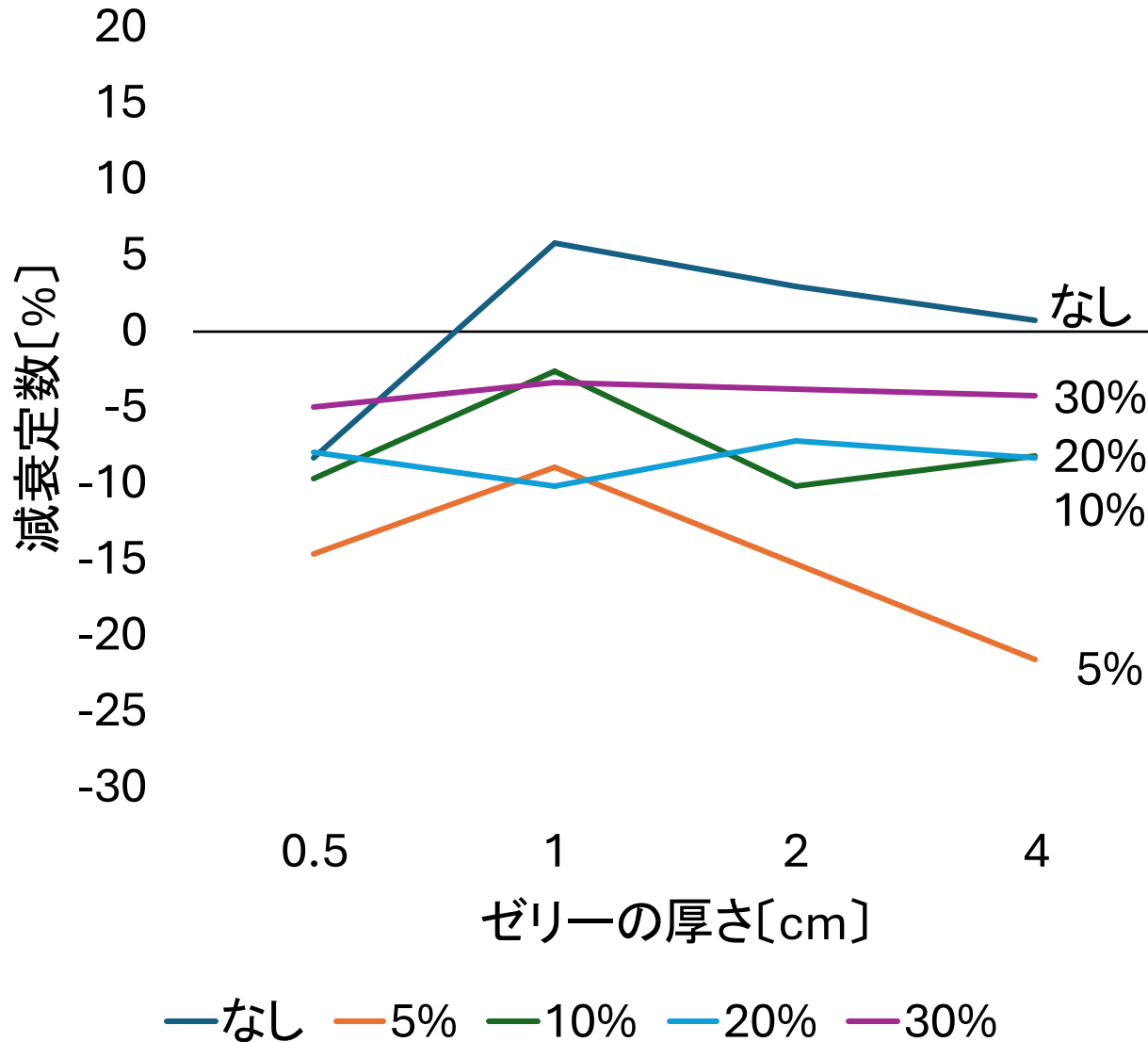
減衰定数とゼラチン濃度と厚さ
【上・揺れ大】



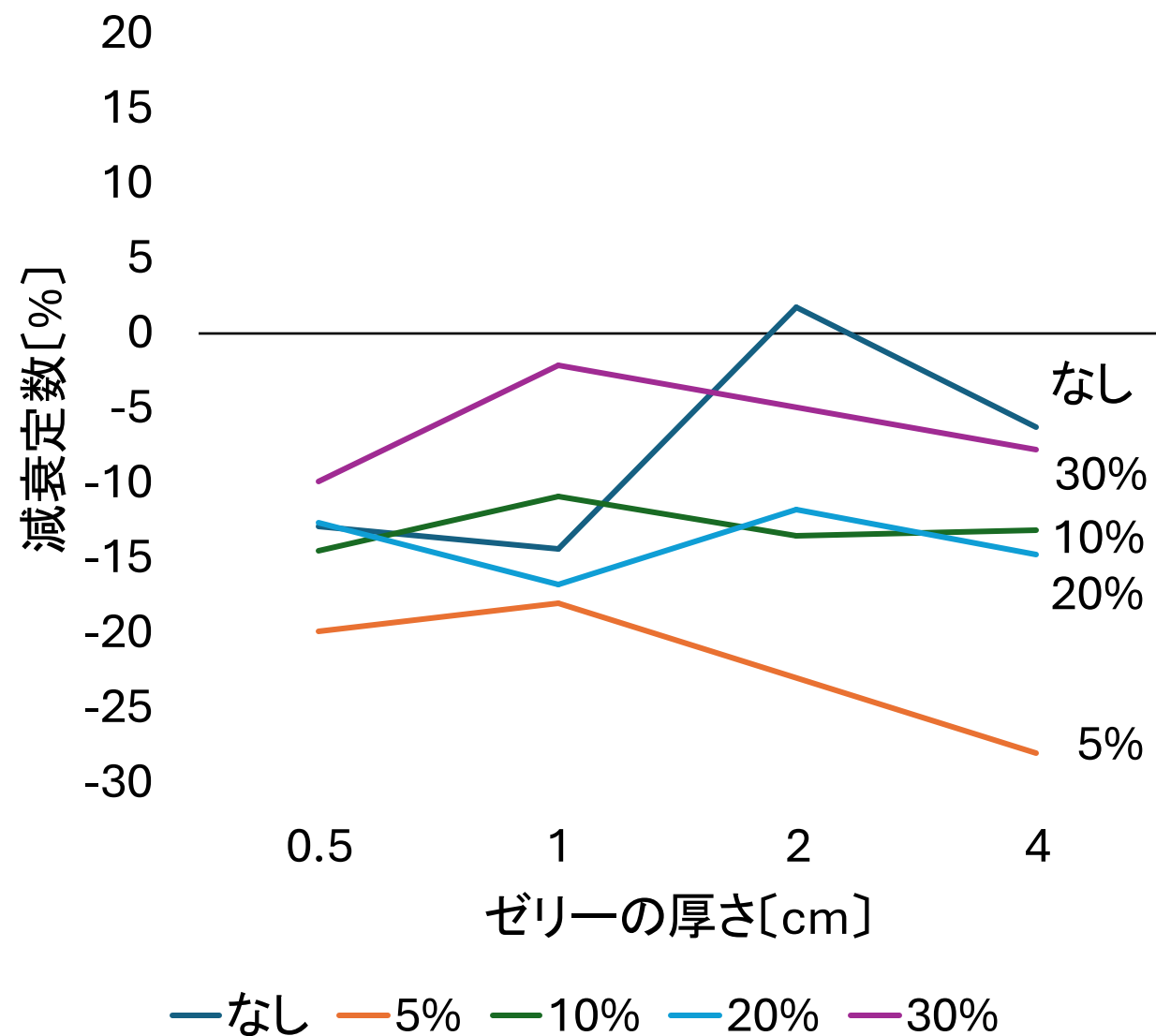
減衰定数とゼラチン濃度と厚さ【上・揺れ平均】



減衰定数とゼラチン濃度と厚さ
【下・揺れ平均】

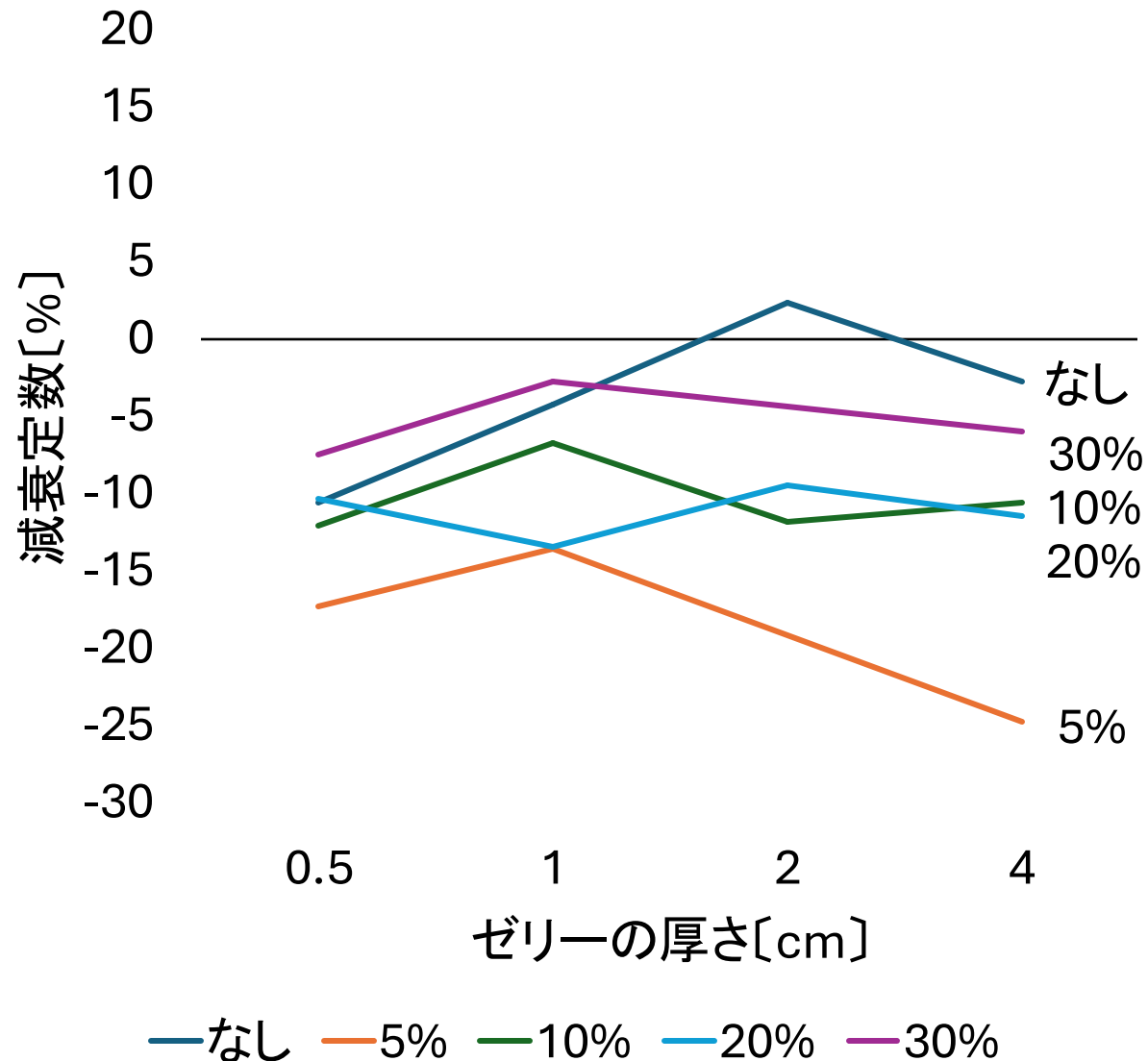


減衰定数とゼラチン濃度と厚さ
【上・揺れ平均】

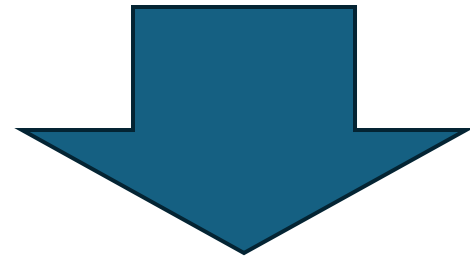


結果のまとめ

【上下・揺れ平均】



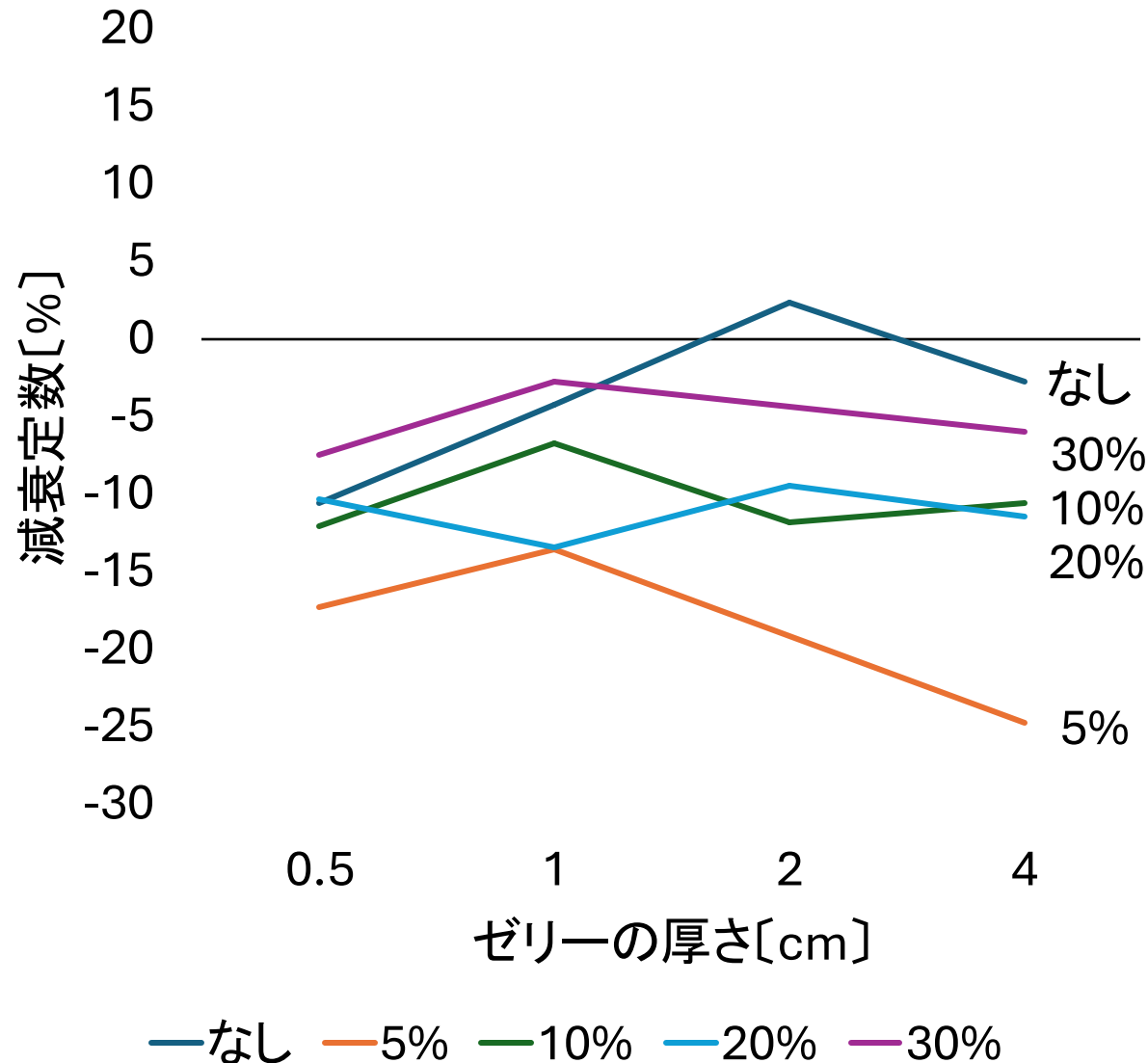
ゼリーの厚さと減衰定数
に関係は見られず
全ての濃度のゼリーで
減衰定数がマイナス



ゼリーに免震効果はなく
揺れを大きくしている

結果のまとめ

【上下・揺れ平均】



ゼリーに免震効果はなく
揺れを大きくしている

30%

→ 比較的、減衰定数大きい

5%

→ より揺れを大きくしている

目次

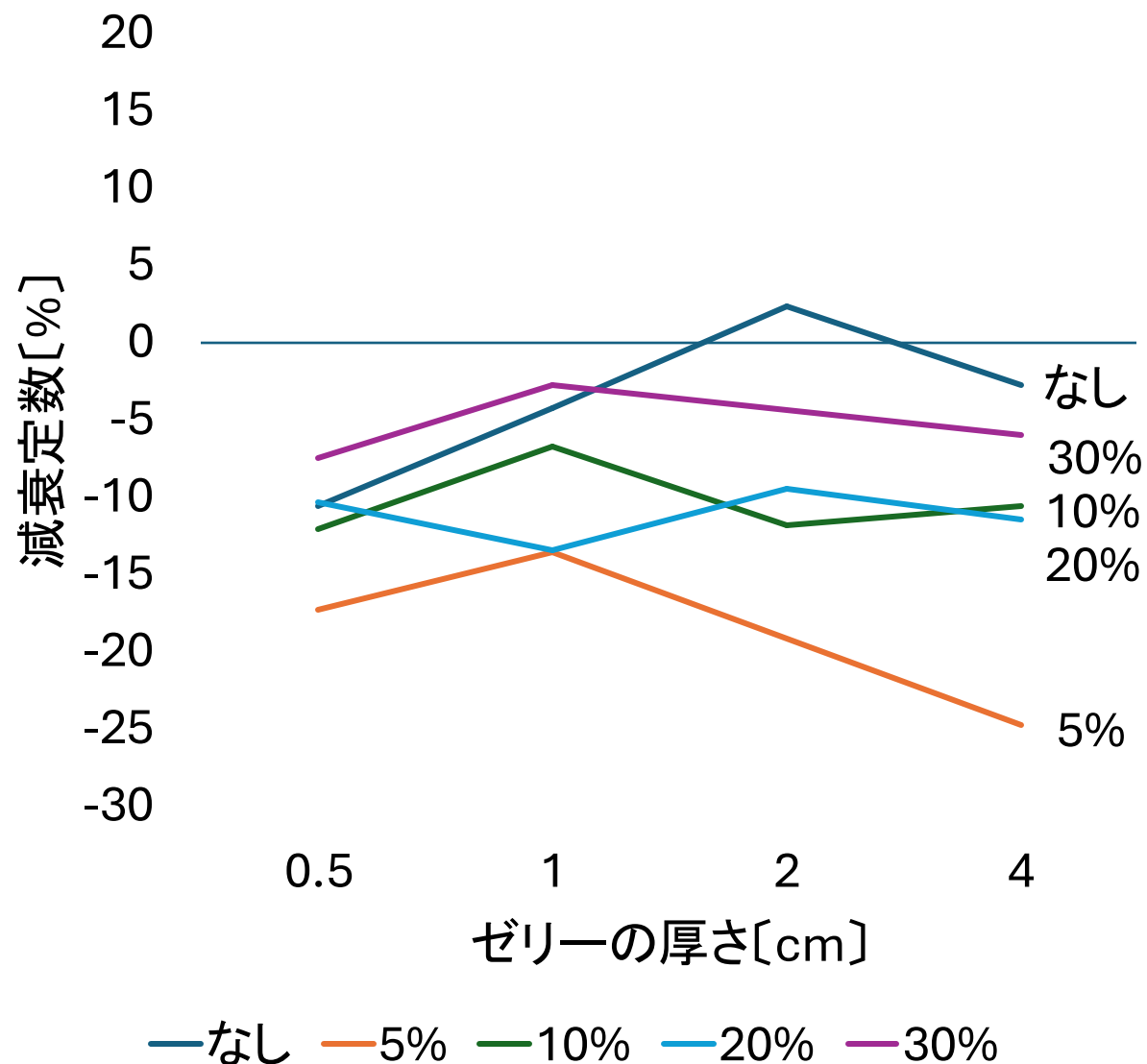
- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

仮説

ゼリーには免震効果があり
分厚くゼラチンの濃度が低い
ゼリーが最適である

考察

【上下・揺れ平均】

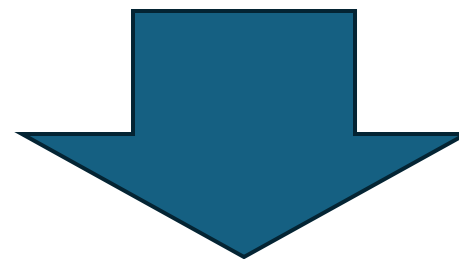


減衰定数(濃度5%)

< 減衰定数(濃度30%)

水分量(濃度5%)

> 水分量(濃度30%)



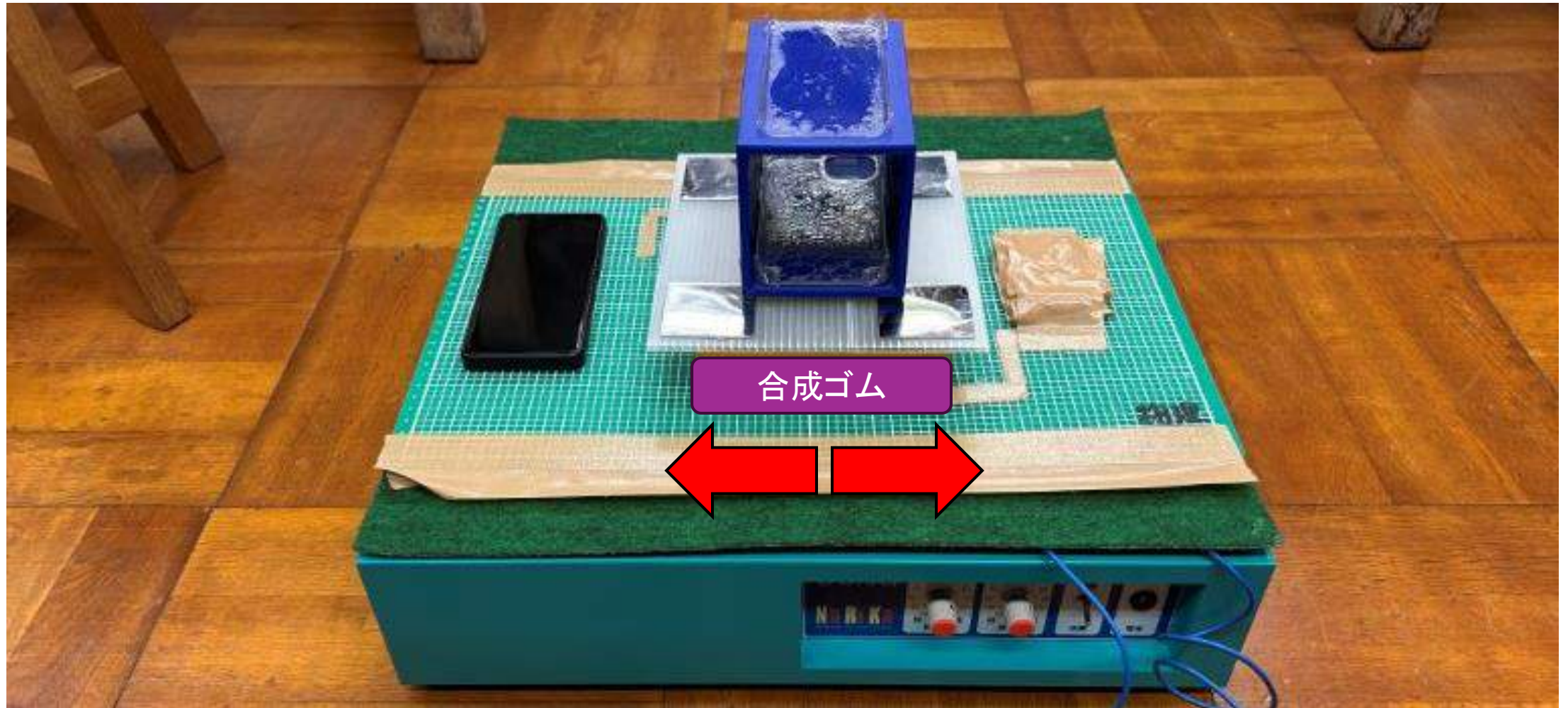
水分が多く建物とゼリーが滑ってしまったのではないか

目次

- 1, 背景と動機
- 2, 研究の目的
- 3, 研究の問い
- 4 仮説
- 5, 研究方法
- 6, 結果
- 7, 考察
- 8, 今後の展望、課題

今後の展望

①合成ゴムで同様の実験



今後の展望

②縦波で同様の実験



参考文献

大林組(2010)大林組プロジェクト「ゼリー免震」都市構想 広報誌『季刊大林』
52号(特集:振動)

<https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20101026.html>

八木和茂(1997)免震支承の性能試験 こべるにくすVol.6,APR.1997

https://www.kobelcokaken.co.jp/tech_library/pdf/no11/c.pdf

小野測器 技術レポート 減衰特性をあらわす係数

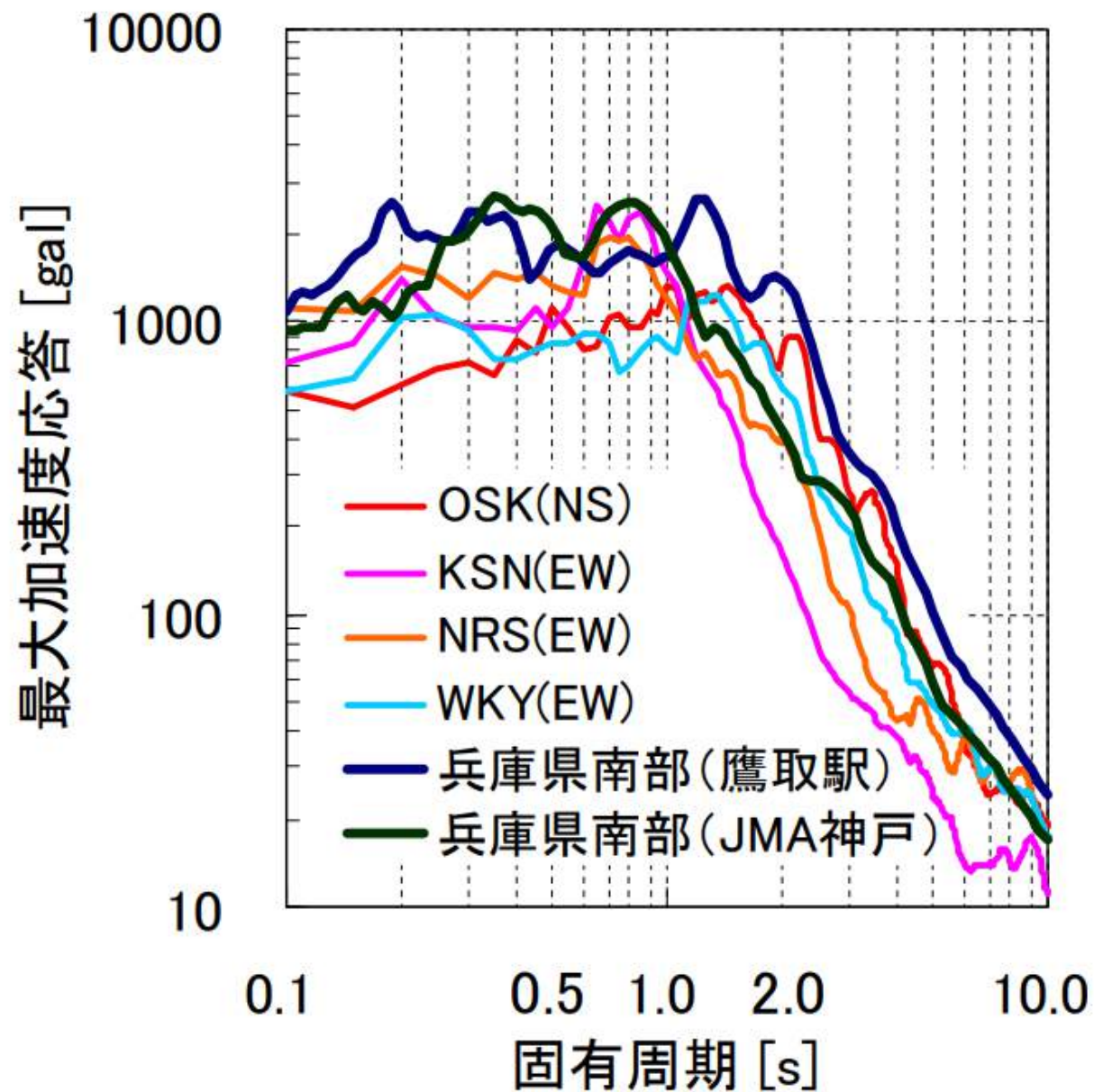
https://www.onosokki.co.jp/HP-WK/c_support/newreport/dampingfactor/dampingfactor_1.htm

2024年12月21日閲覧

国土技術政策総合研究所(2011)観測された地震動の特性について 東日本大
震災調査報告会 (2011. 4. 26)

<https://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/houkoku/happyou/2-1.pdf>

代表的な観測記録の加速度応答スペクトル

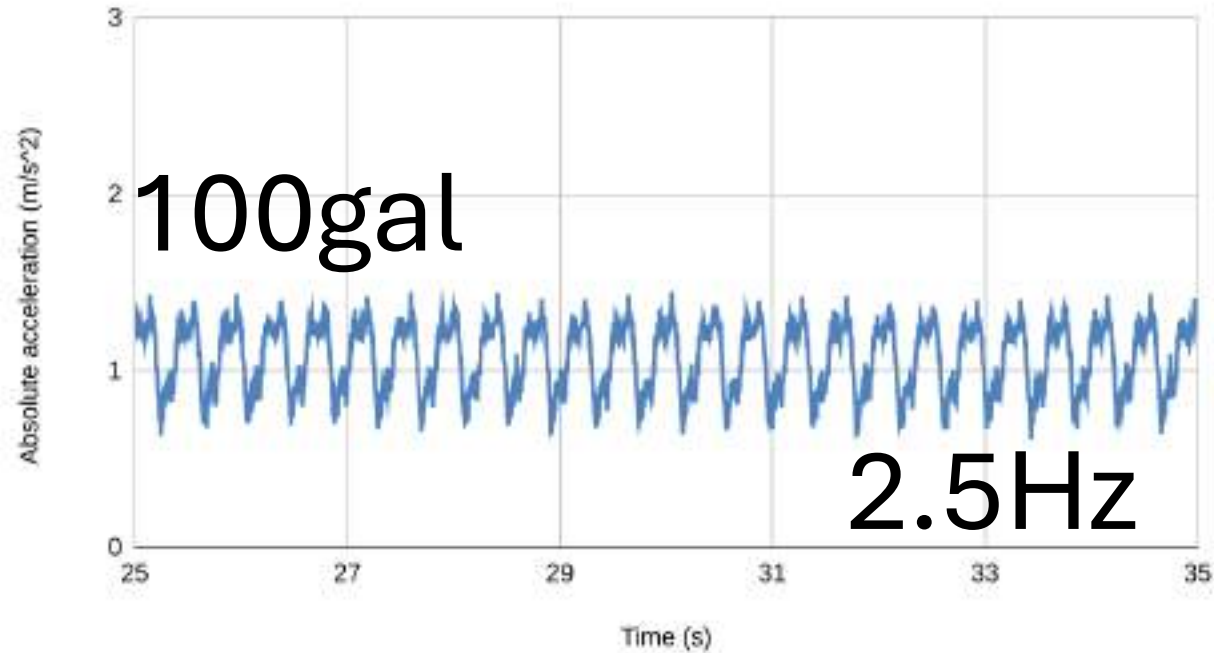


揺れの大きさ

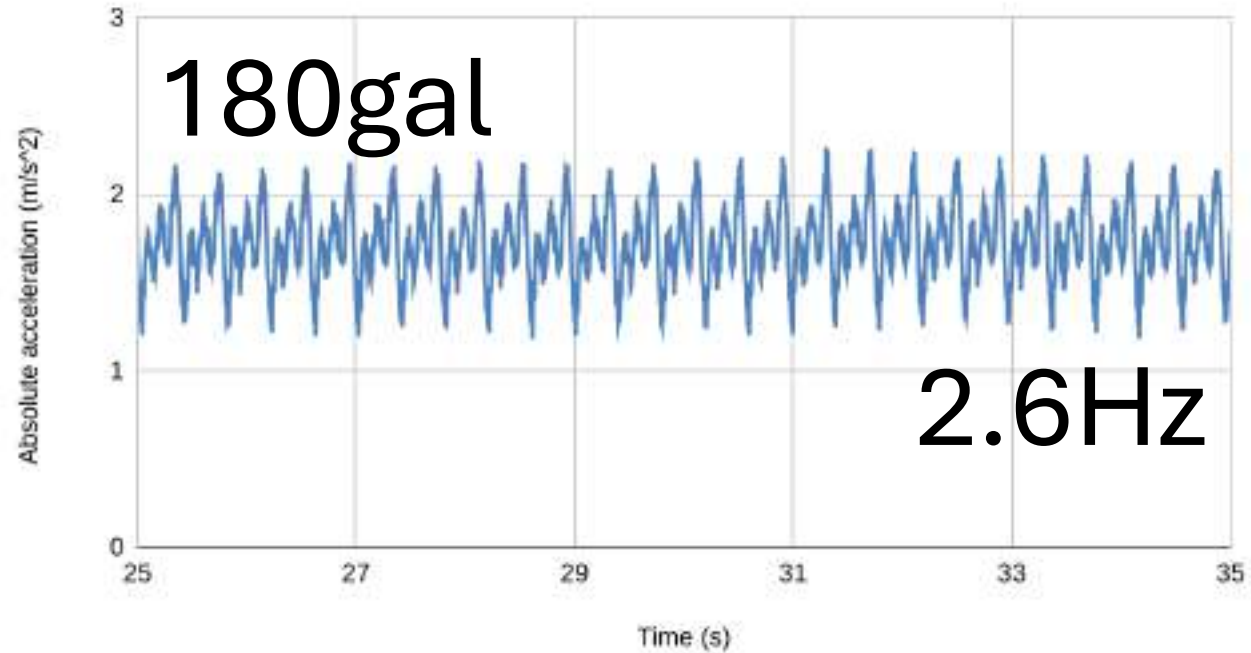
小...1.01V

大...1.21V

Absolute acceleration (m/s²) と Time (s)

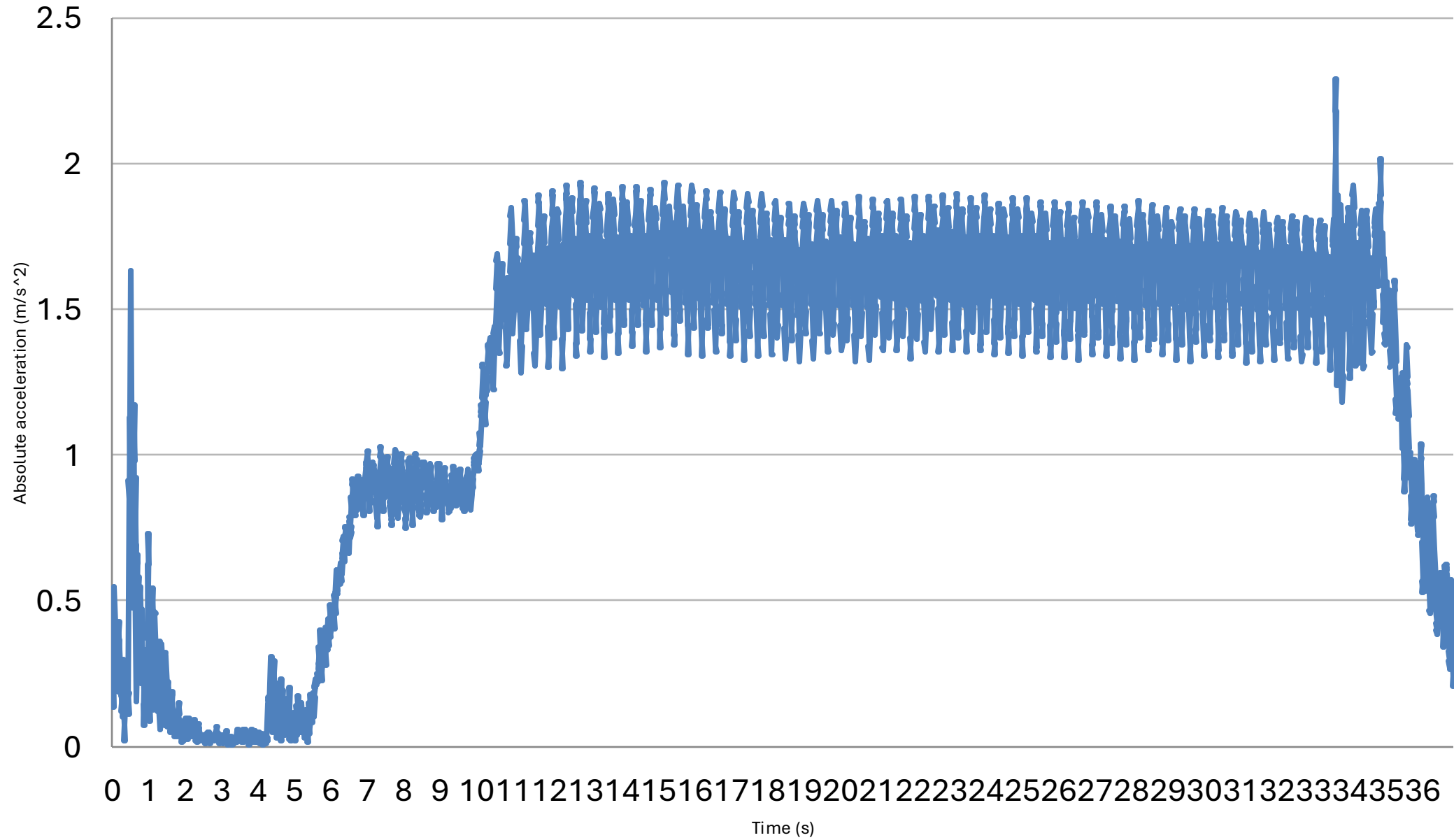


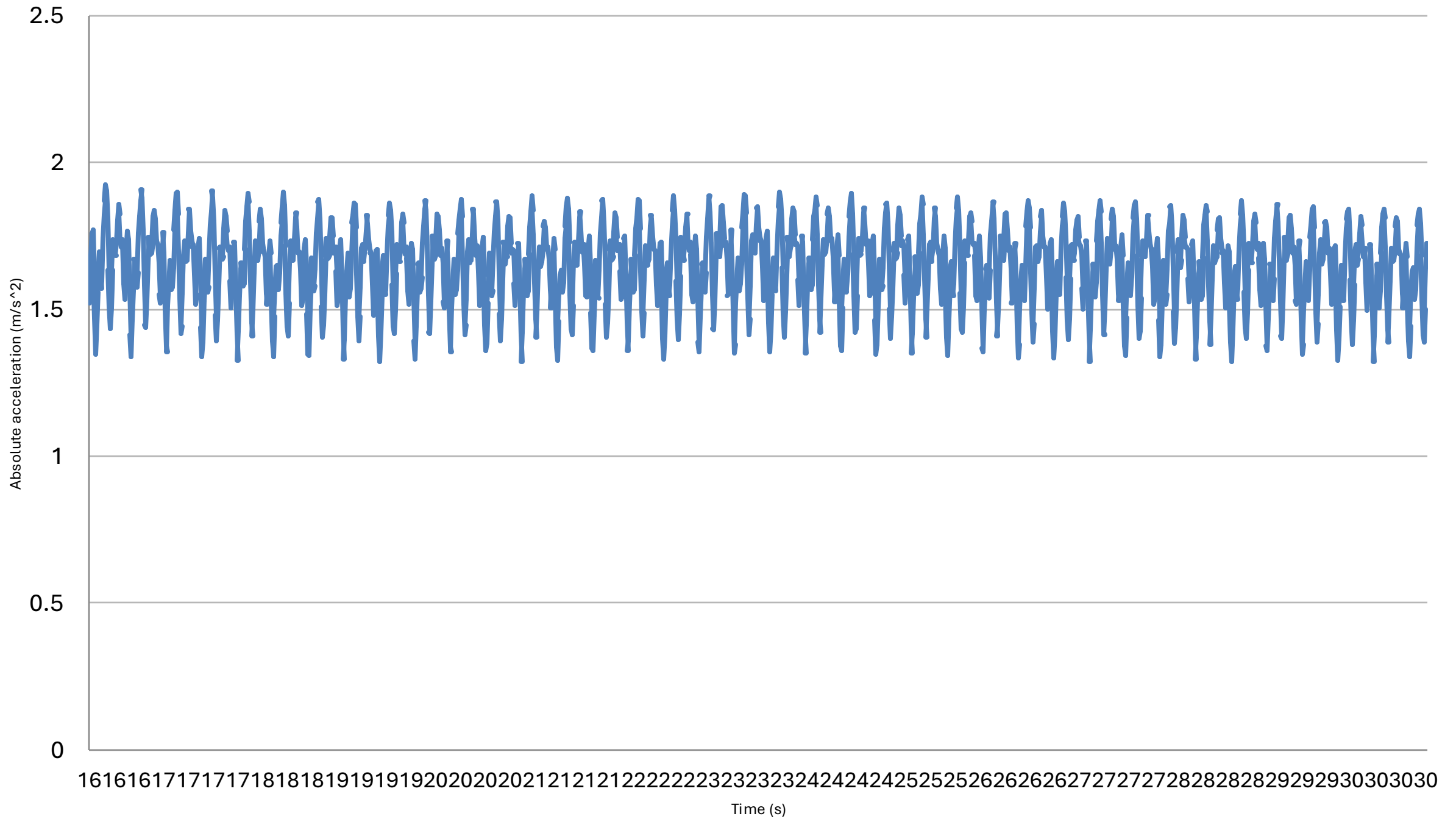
Absolute acceleration (m/s²) と Time (s)



横軸...時間[s] 縦軸...加速度の絶対値[m/s²]

20% 1cm 上 揺れ大







~ 今回 ~
 実験から $\frac{A_y}{A_x}$ を求め、3% 減衰係数と見做すことが出来る (5% は安全の要素がある)

$$\begin{aligned}
 m a_y &= k(x - y) & (a_y = -\omega^2 y) \\
 m \{ -(2\pi f)^2 y \} &= kx - ky \\
 \{ k - (2\pi f)^2 m \} y &= kx \\
 \{ k - (2\pi f)^2 m \} A_y \sin(2\pi f t) &= k A_x \sin(2\pi f t)
 \end{aligned}$$

振動の2種類

$$\begin{aligned}
 \{ k - (2\pi f)^2 m \} A_y &= k A_x \\
 A_y &= \frac{k}{k - (2\pi f)^2 m} A_x \\
 \frac{k}{k - (2\pi f)^2 m} &= 1.25 \quad k - (2\pi f)^2 m = 0 \quad \text{共振} \\
 f_n &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{共振周波数 } f_n)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{k}{m} &= (2\pi f_n)^2 \times L \\
 A_y &= \frac{\frac{k}{m}}{\frac{k}{m} - (2\pi f)^2} A_x = \frac{(2\pi f_n)^2}{(2\pi f_n)^2 - (2\pi f)^2} A_x \\
 \therefore A_y &= \frac{f_n^2}{f_n^2 - f^2} A_x \\
 f_n \ll f \text{ がある時 } A_y &\text{ は小さい値になる} \\
 f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} &\text{ に対し } k \text{ が小さいほど良い} \\
 &\text{測定の難い} \\
 \rightarrow f_n &\text{ は } 5 \sim 40\% \text{ の設計則}
 \end{aligned}$$

地震動
 1. 震動の大きさ
 2. 震動の周期
 3. 震動の方向
 4. 震動の継続時間
 5. 震動の発生場所
 6. 震動の伝播経路
 7. 震動の減衰係数
 8. 震動の増幅係数
 9. 震動の相関係数
 10. 震動の相関時間
 11. 震動の相関距離
 12. 震動の相関面積
 13. 震動の相関体積
 14. 震動の相関質量
 15. 震動の相関力
 16. 震動の相関力矩
 17. 震動の相関力矩矩
 18. 震動の相関力矩矩矩
 19. 震動の相関力矩矩矩矩
 20. 震動の相関力矩矩矩矩矩

地震動
 1. 震動の大きさ
 2. 震動の周期
 3. 震動の方向
 4. 震動の継続時間
 5. 震動の発生場所
 6. 震動の伝播経路
 7. 震動の減衰係数
 8. 震動の増幅係数
 9. 震動の相関係数
 10. 震動の相関時間
 11. 震動の相関距離
 12. 震動の相関面積
 13. 震動の相関体積
 14. 震動の相関質量
 15. 震動の相関力
 16. 震動の相関力矩
 17. 震動の相関力矩矩
 18. 震動の相関力矩矩矩
 19. 震動の相関力矩矩矩矩
 20. 震動の相関力矩矩矩矩矩