

# ダイランシー流体の剪断増粘性による 周期的な応力の検証

兵庫県立宝塚北高等学校 倉本晃汰 三井楓月 山下巧

## 研究の動機

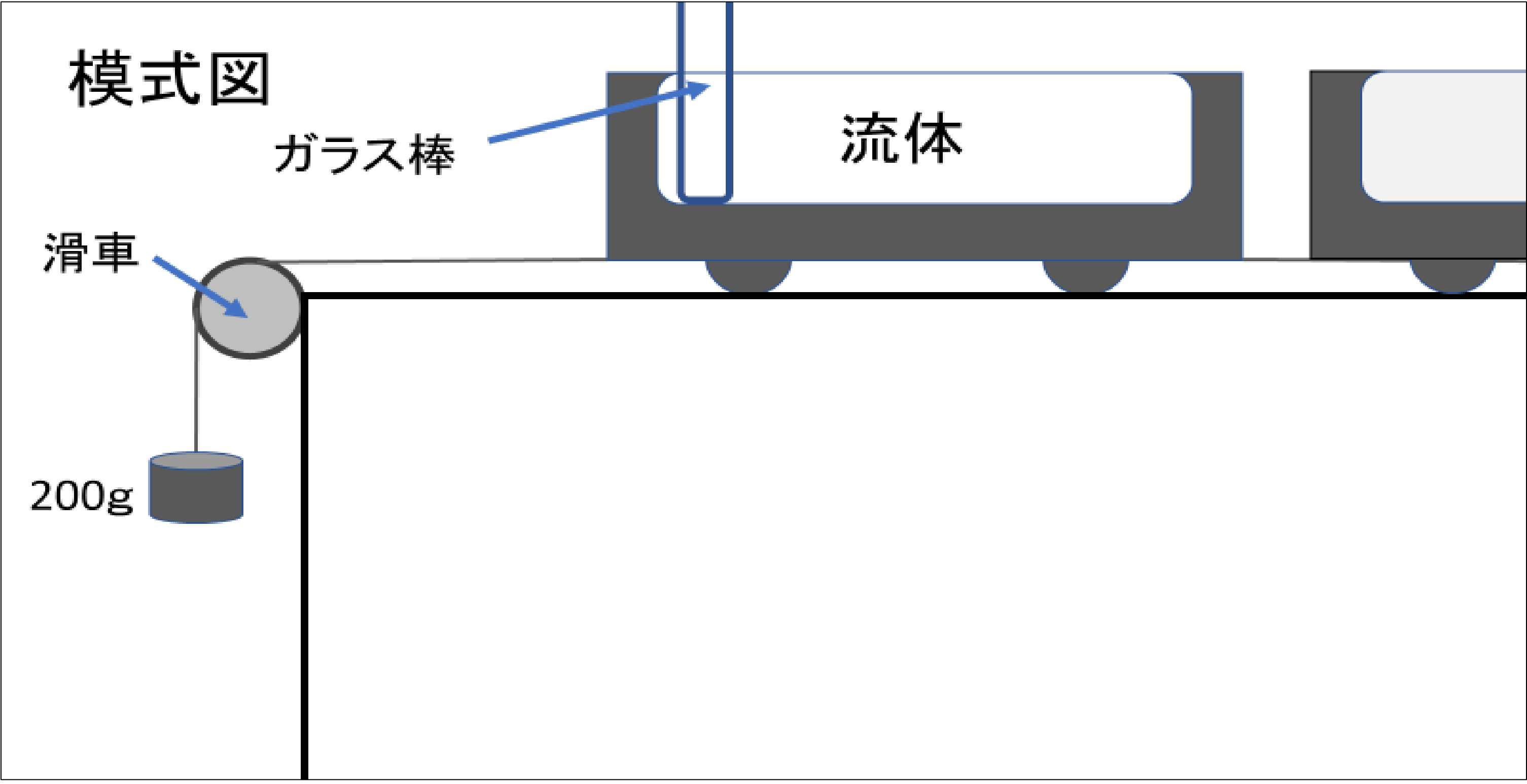
ダイランシー流体は剪断増粘性によって定義されるが、その推定は難しい。そこで我々は剪断増粘性の評価指標を作成することを目標とした。

## 仮説

ダイランシー流体の示す抗力の周期性（以下、応力振動とする）により剪断増粘性を評価できないか。

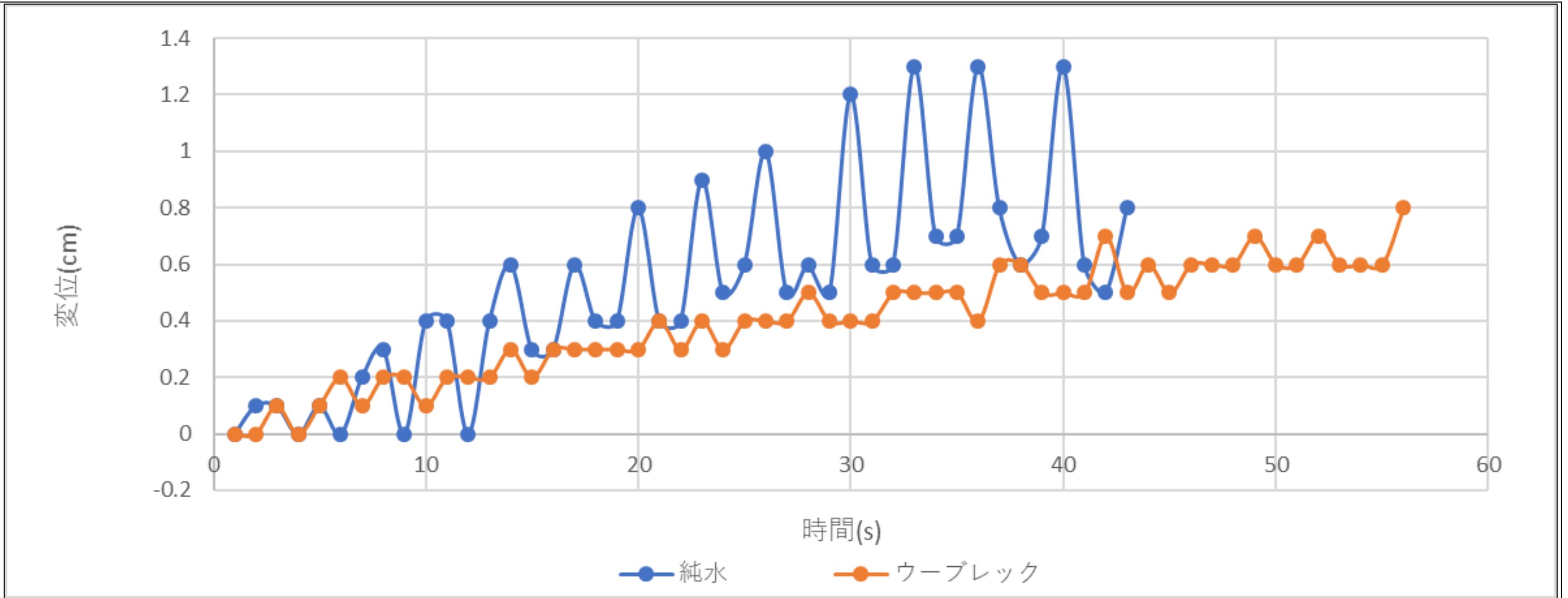
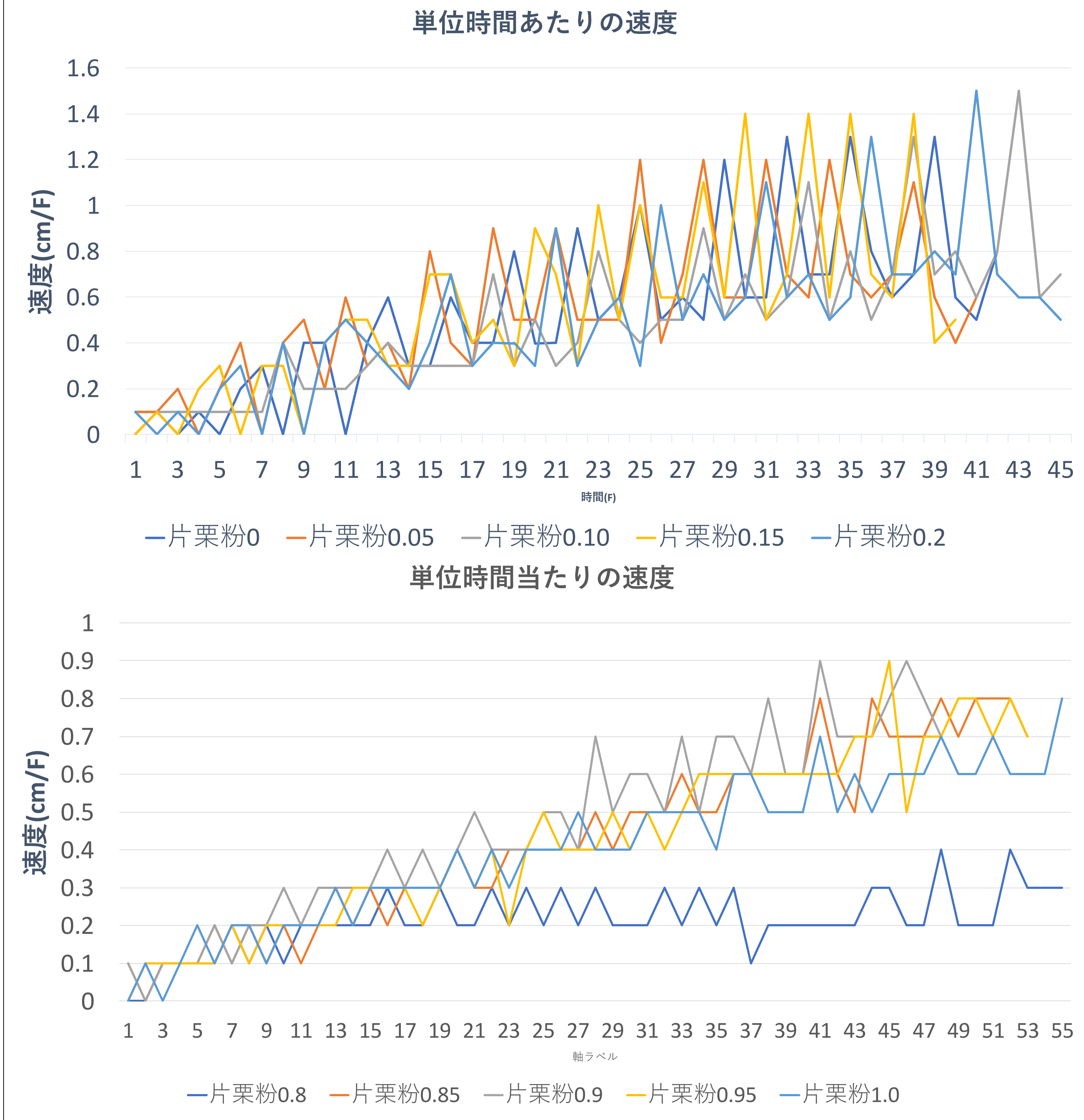
## 実験 1

次のような装置を用いて、質量比を(水：片栗粉)= 1：0～0.2、0.8～1の区間で変えたウーブレック※における、力学台車の運動の様子をカメラで記録した。また、同時にフレームごとの変位を計測した。※水と片栗粉の混合物



## 結果 1

単位時間当たりの変位をグラフにまとめると以下のようになった。



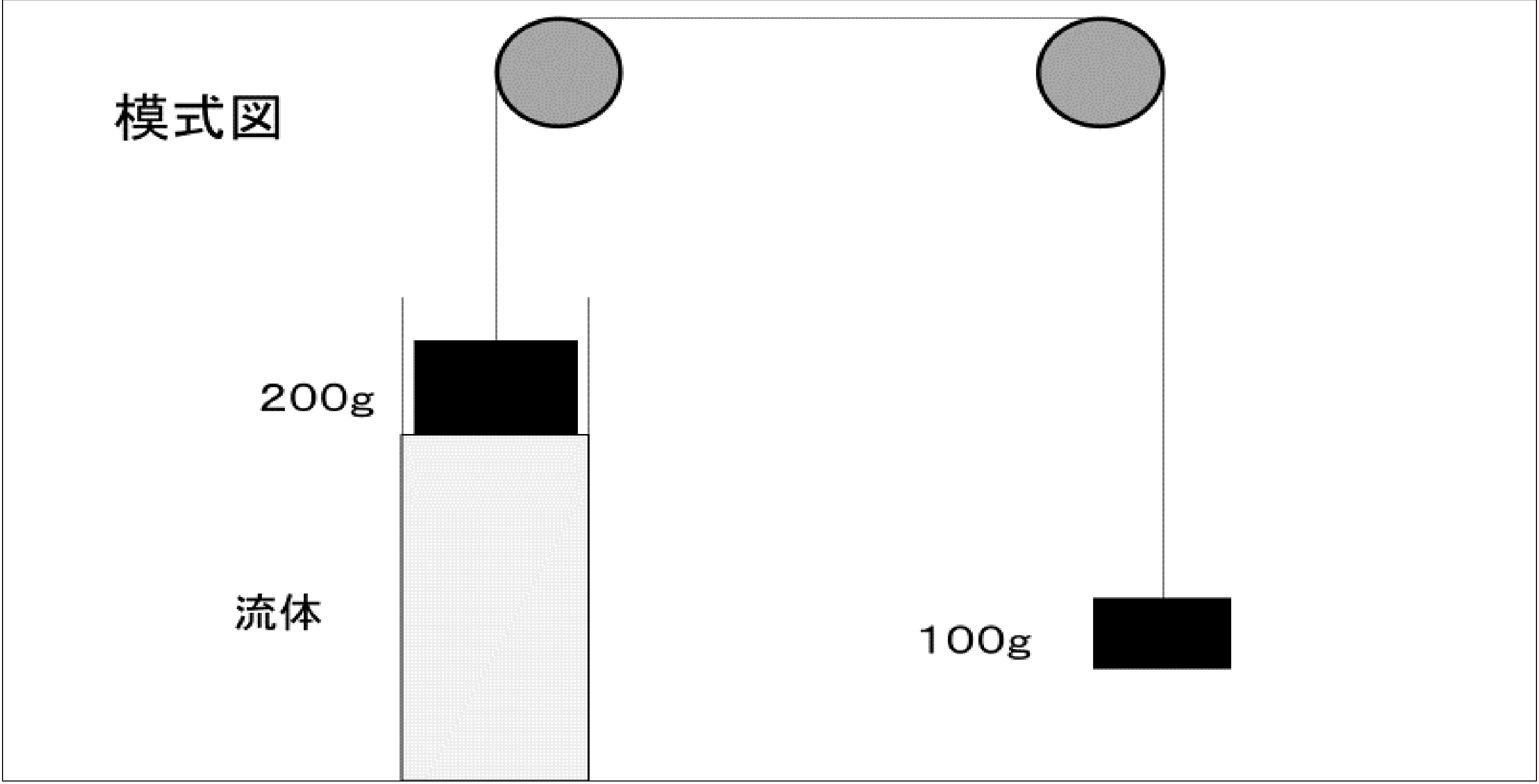
純水と 1：1 ウーブレックのグラフ

## 考察 1

- ・より細かい時間間隔で測定した結果どの質量比の流体においても応力振動が見られ片栗粉の少ない流体の方が振幅が大きかった。  
→力学台車の移動による流体の波がガラス棒との接触面積を変化させ、その抵抗が変わるため応力振動が見られたと考えられる。  
→流体の慣性による体積の変化を考慮した実験方法を必要とする。
- ・各グラフにおける値を比較した際、それぞれの間で大きな変化が見られないため結果 1、2 の内、どちらかが外れ値であると考えられる。

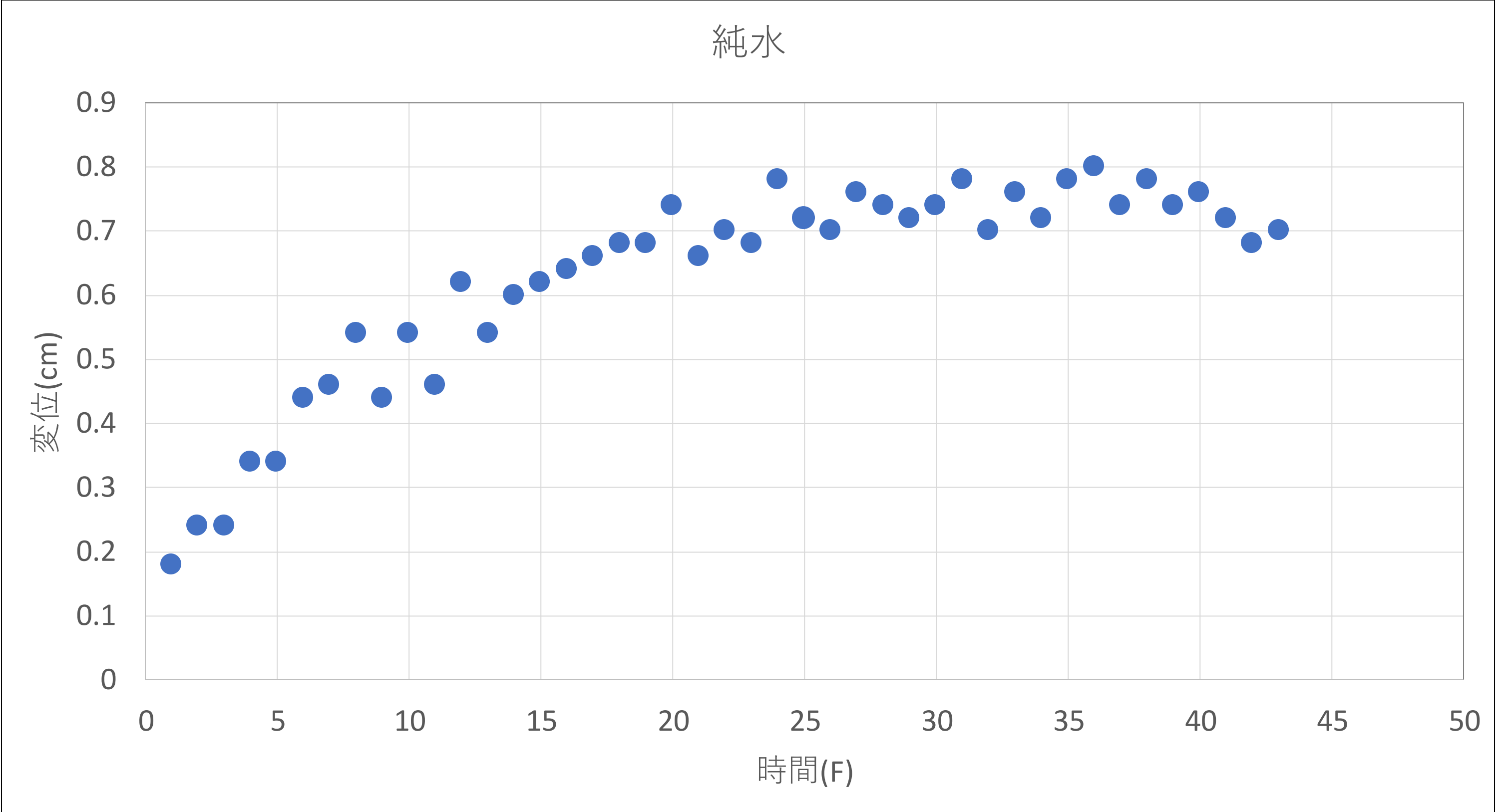
## 実験 2

流体にかかる力学台車の運動による慣性の影響を低減した次のような装置を用いて、純水と質量比 1：1 のウーブレックにおける、おもりの運動の変位を求めた。

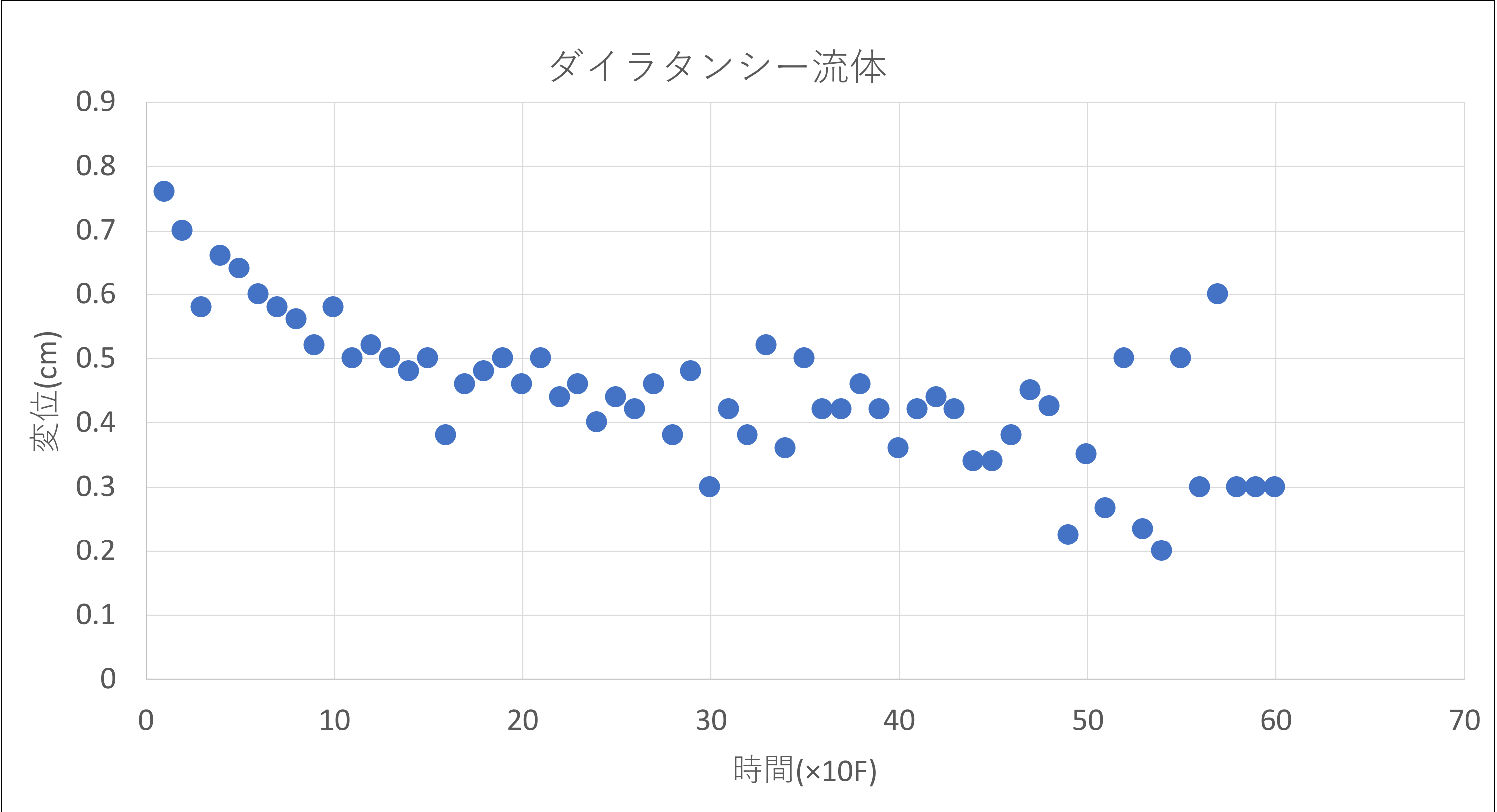


## 結果 2

変位を単位時間ごとに計測した結果は次のようになった。







## 考察 2

- ・純水での応力振動の振幅が実験2に比べて小さくなった。
- 実験2では流体の振動が影響していたことが示された。
- ・ダイラタンシー流体は片栗粉の沈殿によって応力振動が大きくなったと考えられる。

## 実験 3

ダイラタンシー流体の挙動を数理モデル化した。ダイラタンシー流体は剪断刺激に対して指数関数的に応力を発揮するため、この特性を組み込んだ運動方程式を立てると以下のようになった。

$$m\frac{dv}{dt}=mg-ae^{bv} \quad (a,b\text{は定数})$$

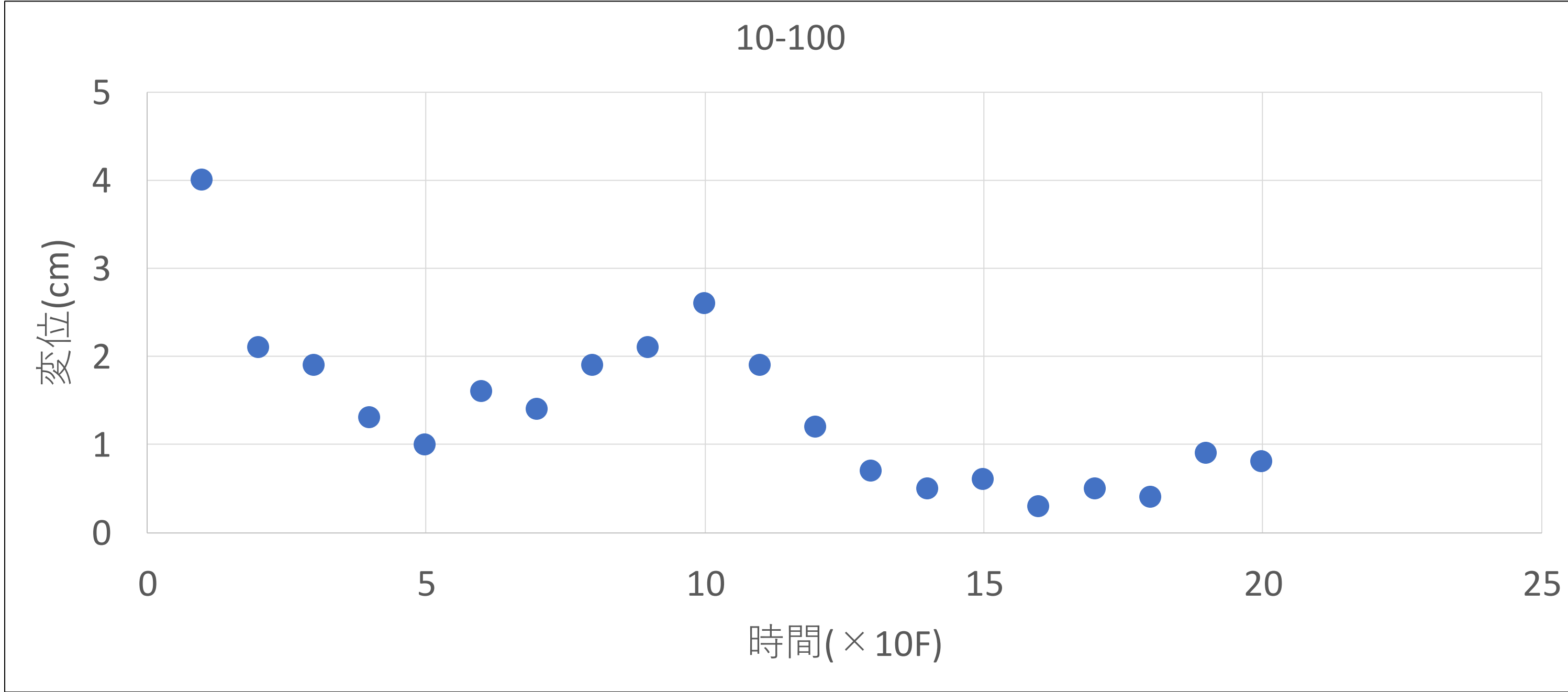
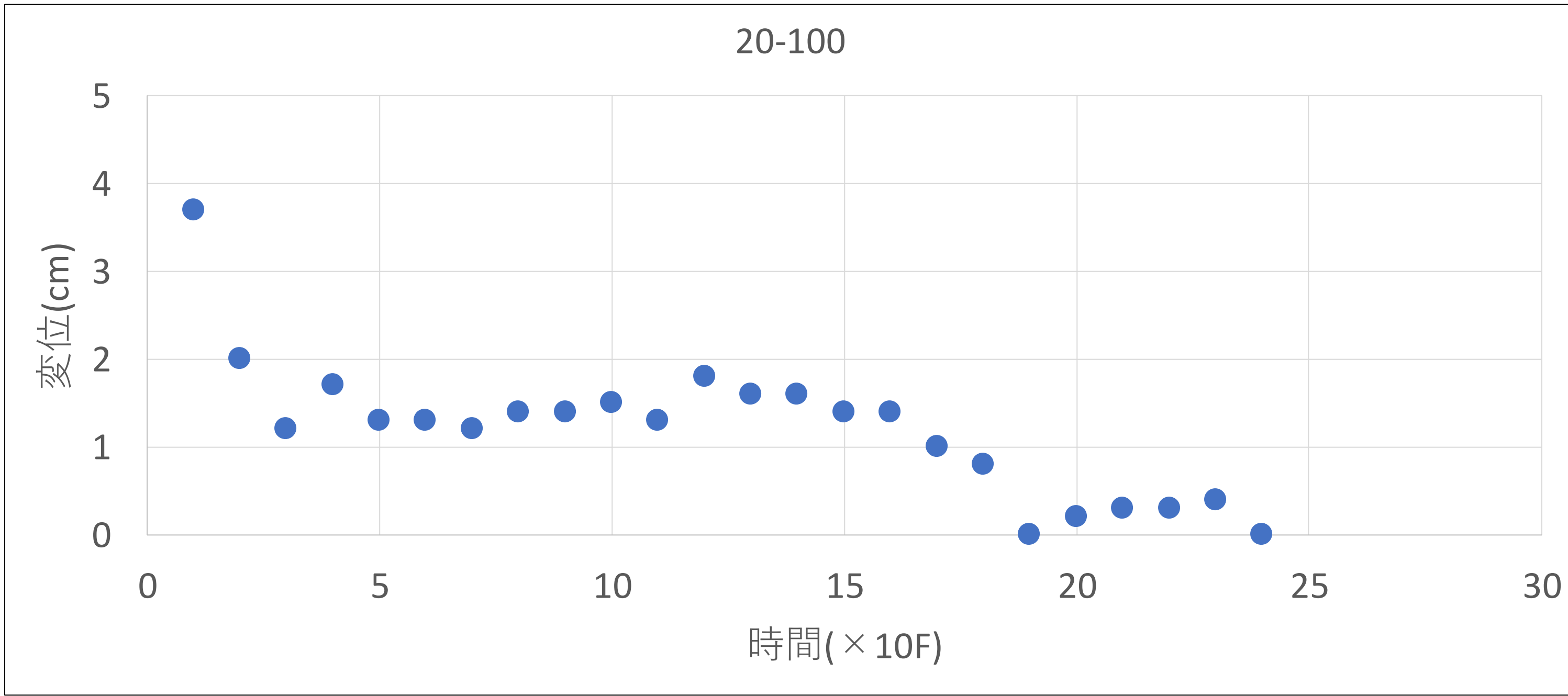
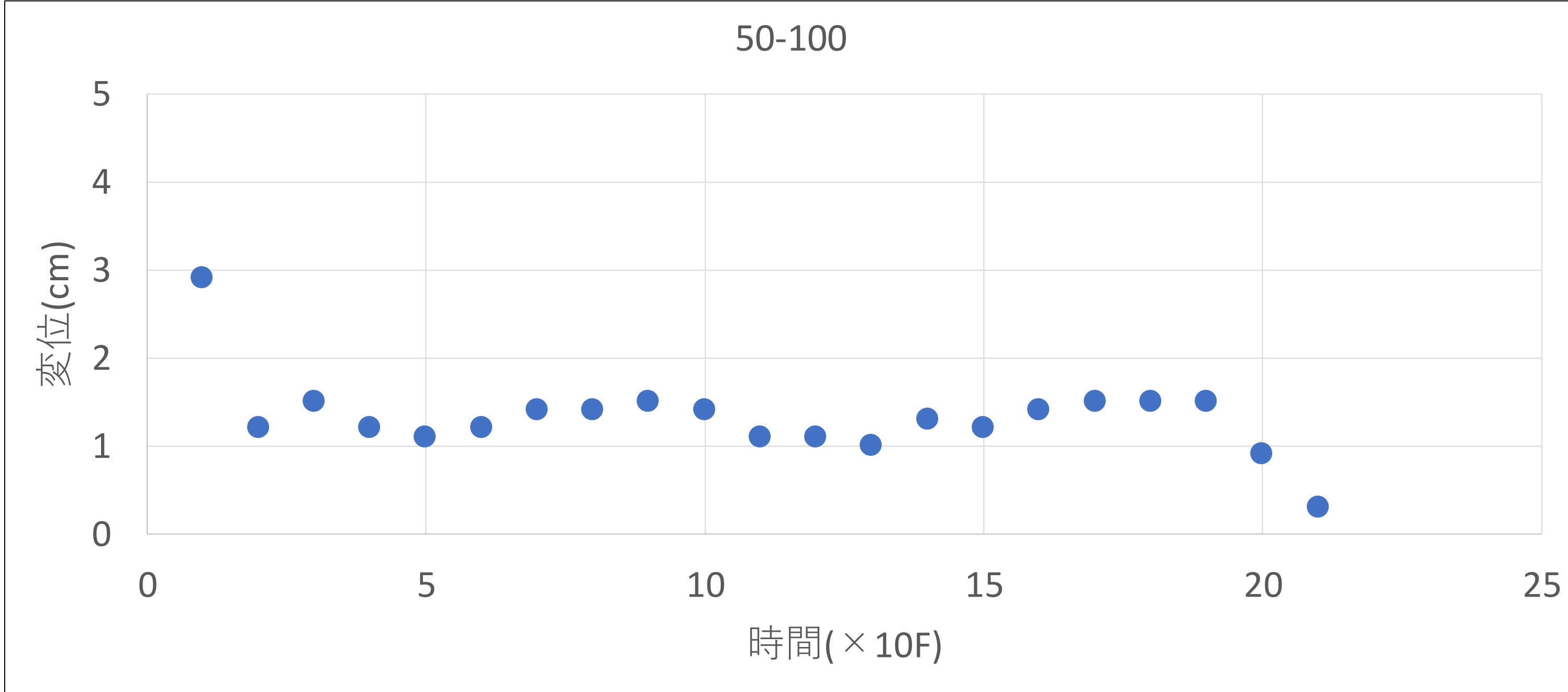
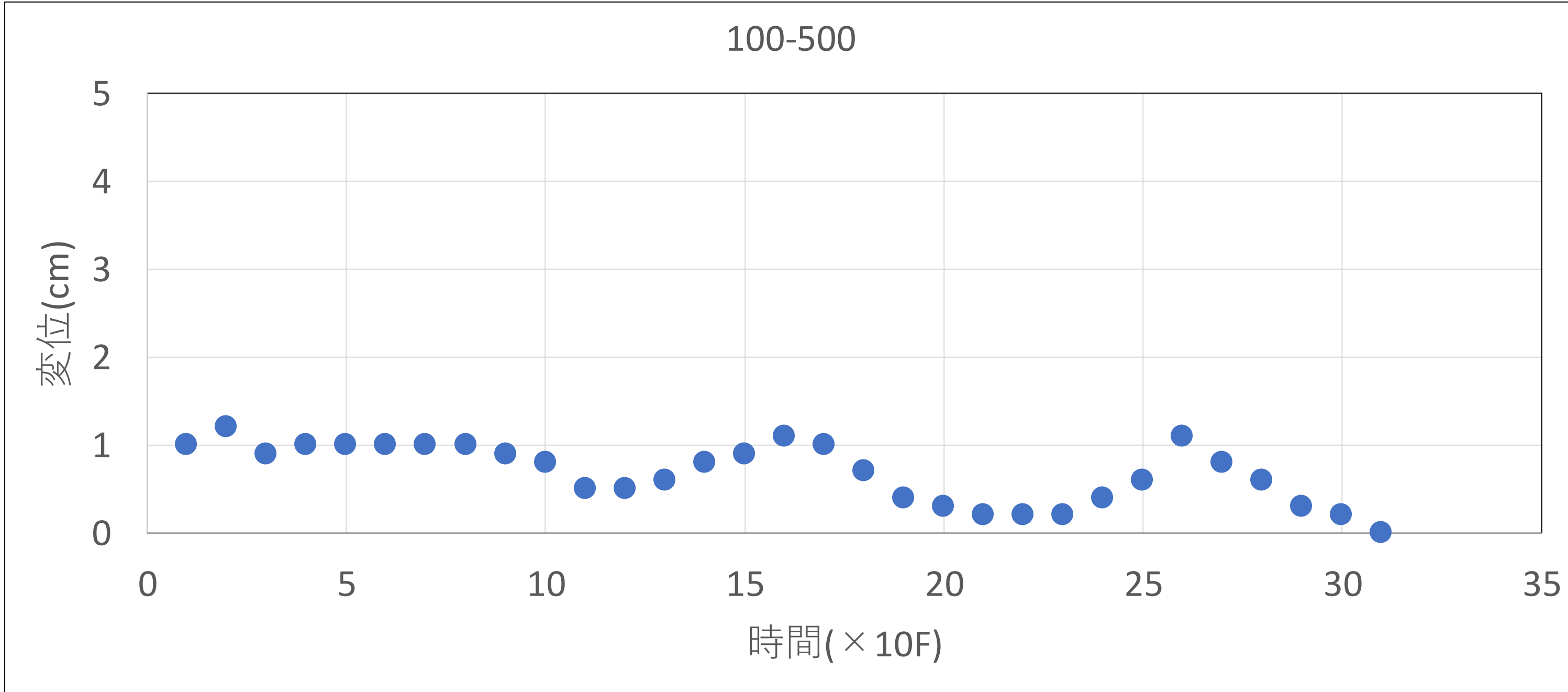
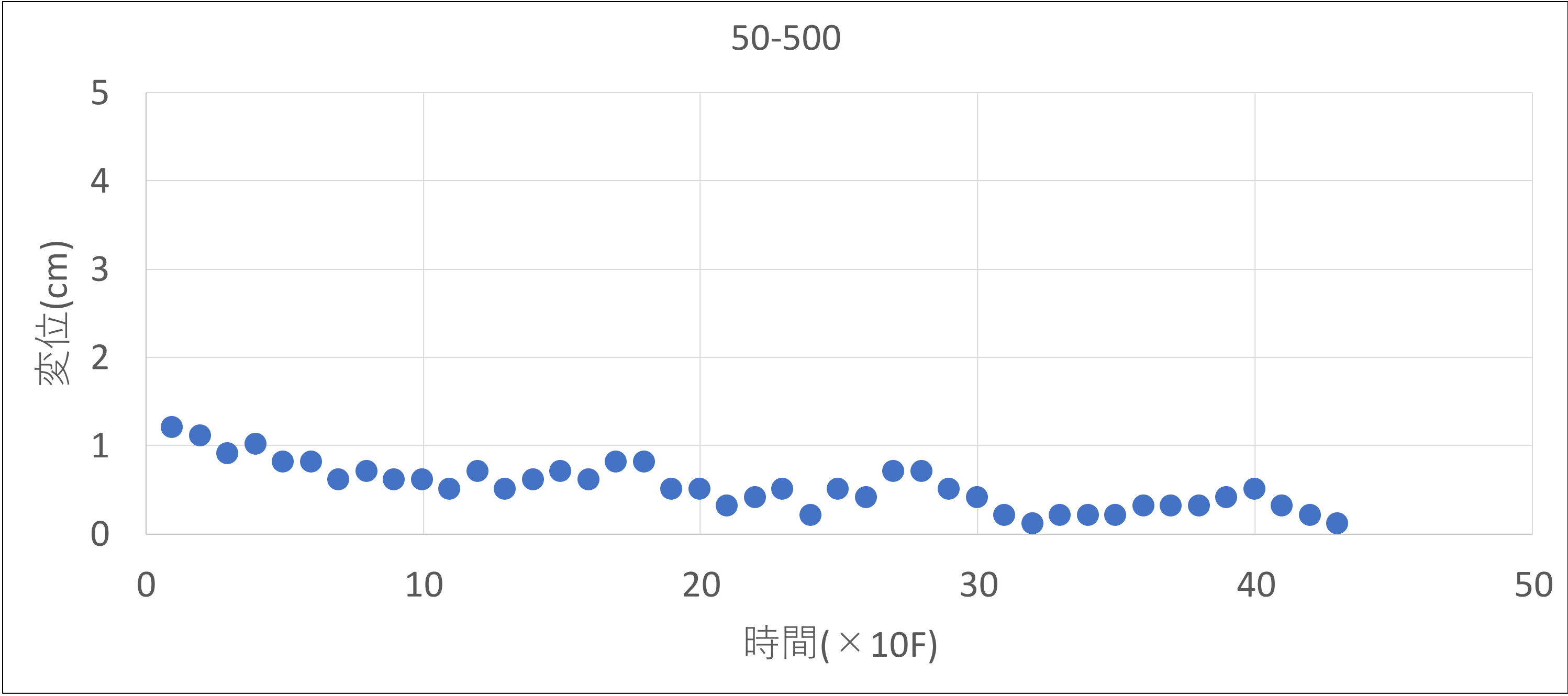
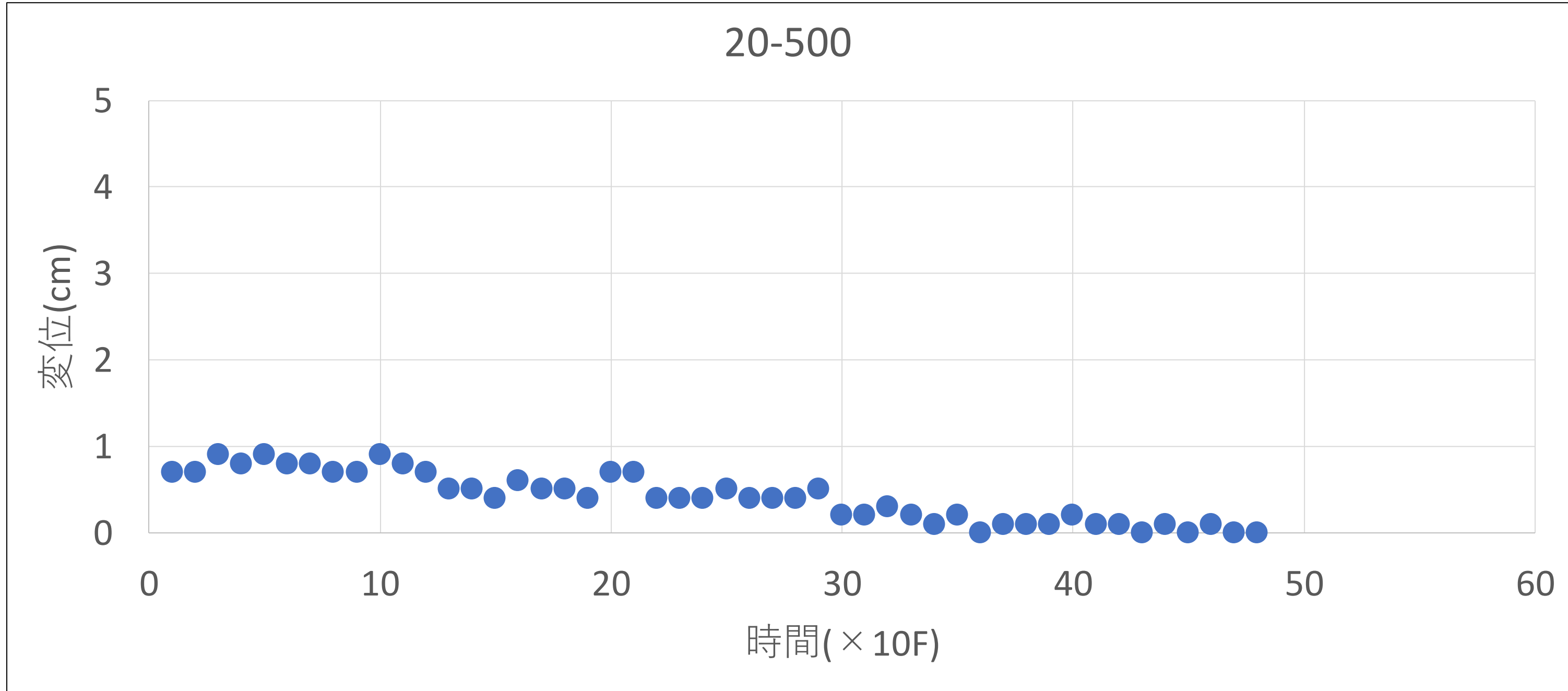
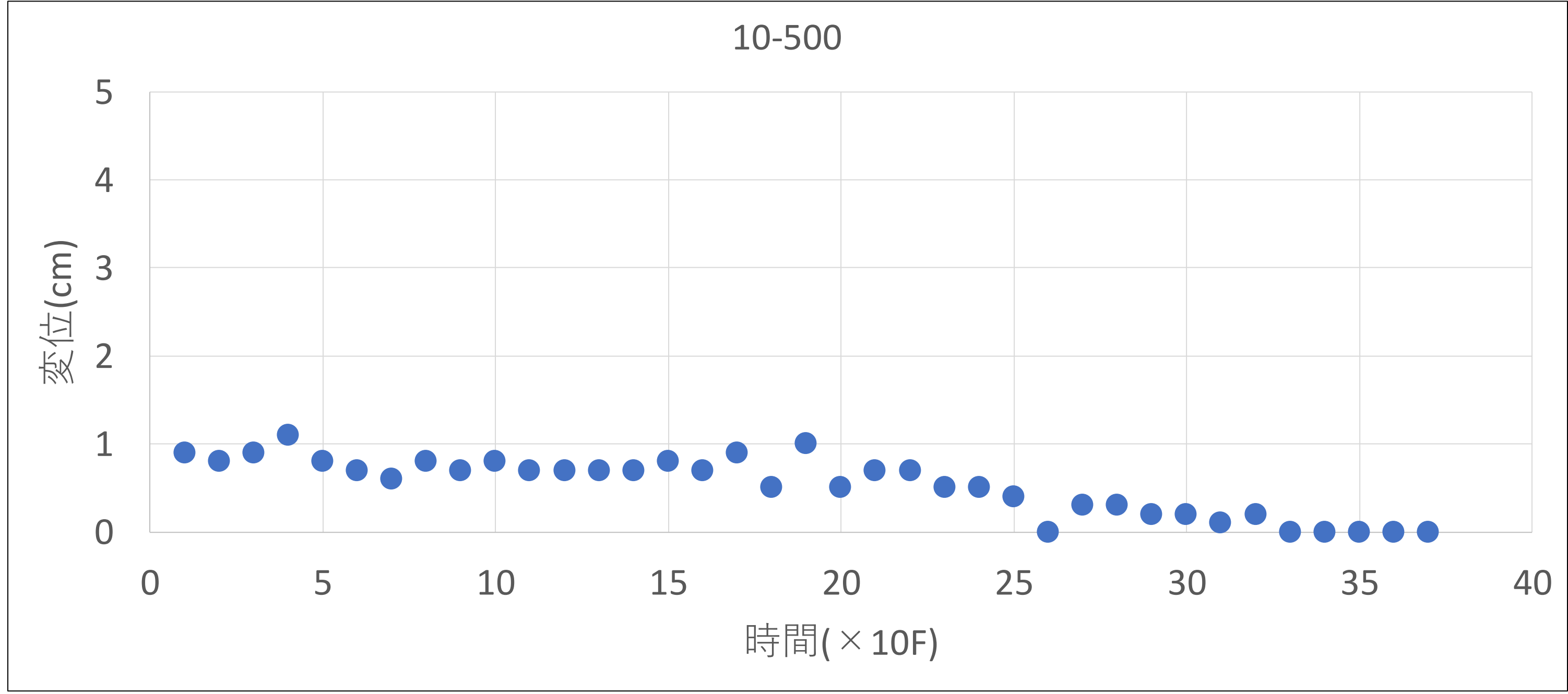
これを变形すると

$$t\rightarrow\infty\Rightarrow v=\frac{1}{b}\log\frac{mg}{a}$$

よって質量を変数とした終端速度をこの方程式と比較するため、実験 2 と同様の方法を用いて、10g、20g、50g、100g、500gのおもりを用いてダイラタンシー流体の運動を解析した。

## 結果 3

単位時間あたりの変位をまとめると以下のようになった。



## 考察 3

- ・結果 3 よりおもりの質量比によってグラフが収束する場合と振動する場合が見られた。
- 終端速度を用いた議論は不可能である。
- 想定していたよりも複数の要因がおもりの運動に影響を及ぼしていた。

## 参考文献

岩井一輝 ダイラタンシー現象における力と速度の関係  
越後奈津子、長野祐紀、中山紘斗、宮本悠生 ダイラタンシー現象による振動とその周期