

# 木組みのねじれに対する耐久性

脇町高校3年

尾花駿矢

山下智大

脇川千里

# 研究の動機

上学年の先行研究を見て、  
木組みに興味を持ち、木組みについて調べ始めた



木組みの長所は「他の物に応用できる」こと

木材以外にも使えろと考えた

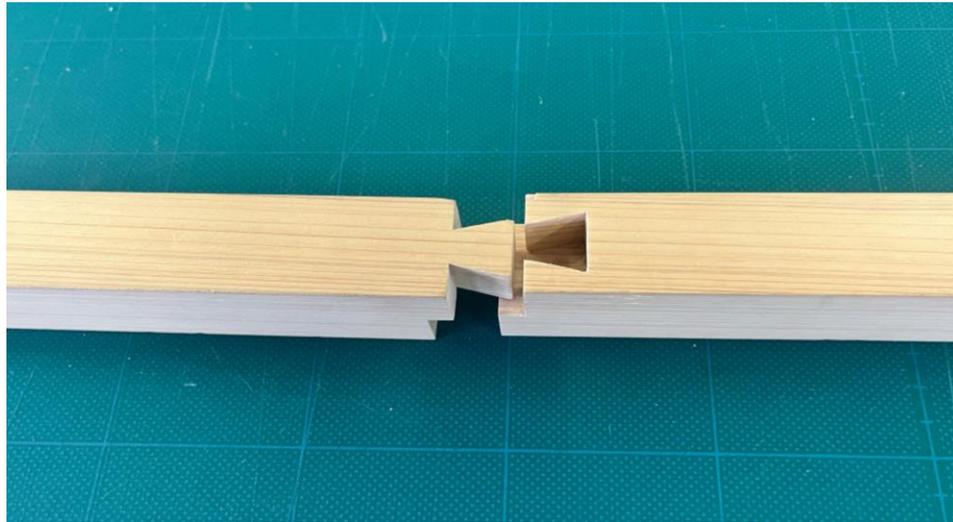


# 研究の目的

木組みに加わる力を一つに固定し、その力が加わる場合について最も使われている木組みの耐久力と形状の関係を調べ、耐久力が大きくなる形状の条件を見出し、ほかの材質のものにも応用できる形状を作る

# 木組みとは

釘やボルトなど金属の部品を使用せずに木材を組み合わせる技術。仕口や継手といった凹凸を加工して接合する。

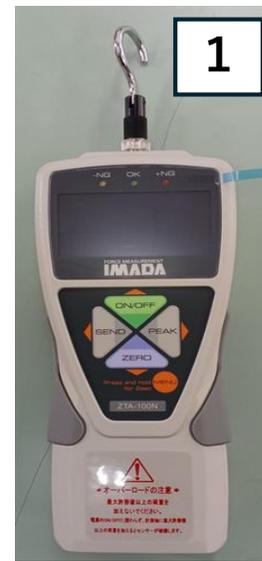


様々な組み方があり、今回は蟻継ぎと、ねじりの力に耐性のある腰掛を組み合わせた腰掛蟻継ぎを用いて実験を行う。

腰掛蟻継ぎ

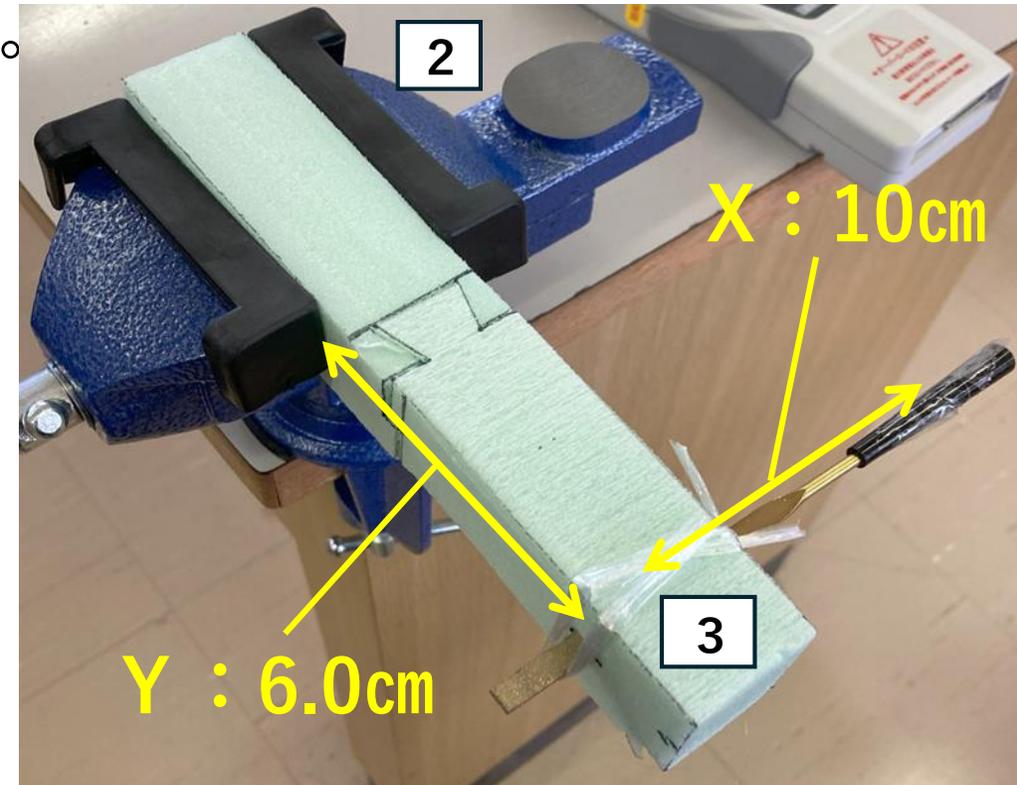
# 実験方法

- ①断熱材(ミラフォーム)を用いた模型を万力で机に固定する。
- ②模型の凸側の側面に棒を刺す。
- ③棒を紐で固定し、フォースセンサを取りつける。
- ④フォースセンサで力を加え続け模型が壊れた瞬間の値を計測する。  
(上、横、フォースセンサの値を撮影)
- ⑤角度と力の関係のグラフや標準偏差グラフを作成する。



## 実験器具

- ①フォースセンサ
- ②万力
- ③木組みの模型  
(腰掛け蟻継ぎ)



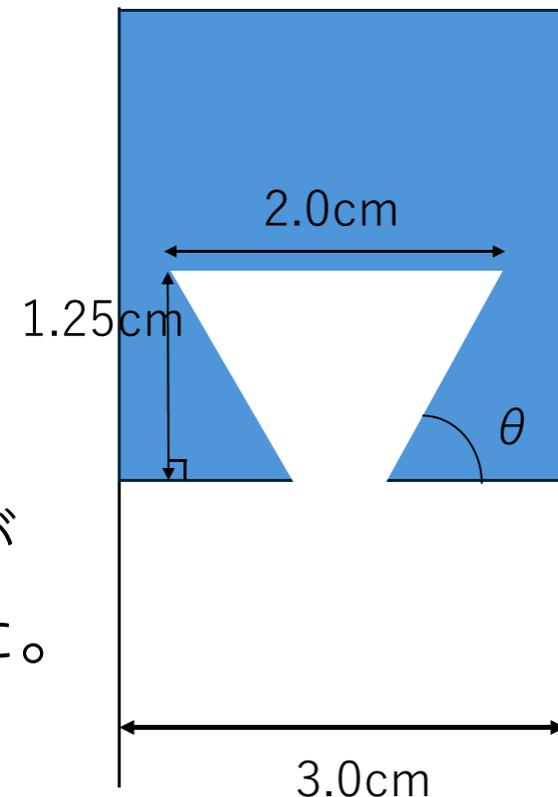
# 仮説

凸部分と平行面との角度を大きくすれば耐久力は大きくなると考える。

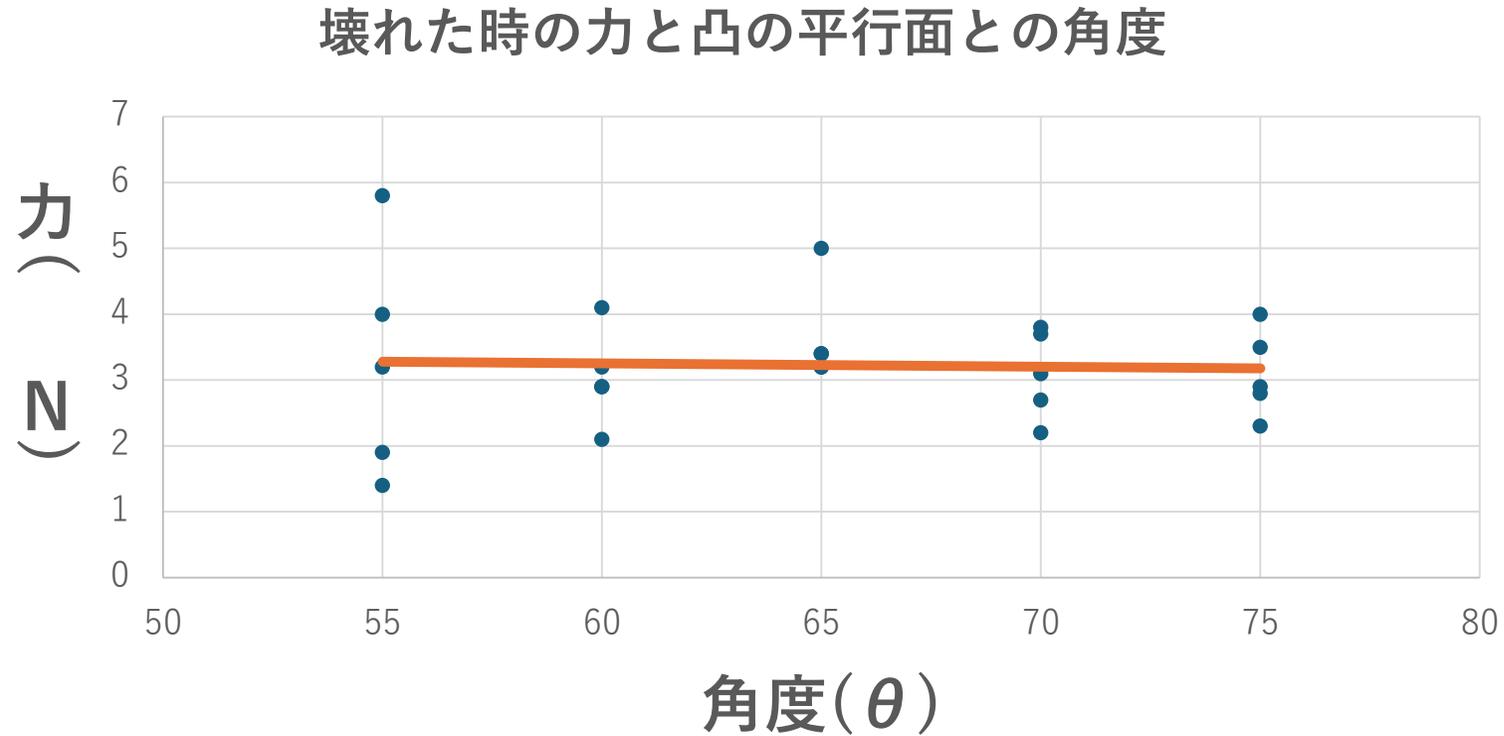
→凸部分の接着面が増加して折れにくくなるから。

# 素材について

- ・始めはスギ材を使って実験していたが素人には加工ができず、さらに人の力で模型を壊すことが難しかった。
- ・ある程度強度のある柔らかい素材(ミラフォーム)を用いれば素人でも加工できる。



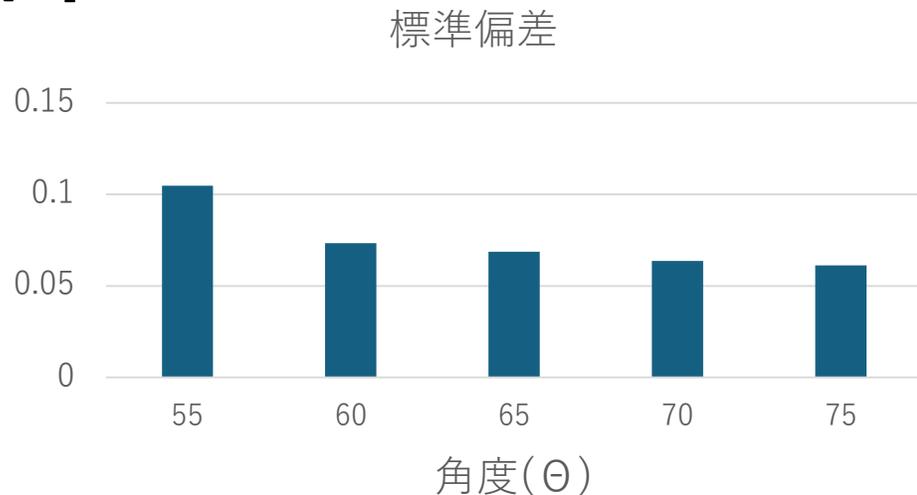
# 実験結果



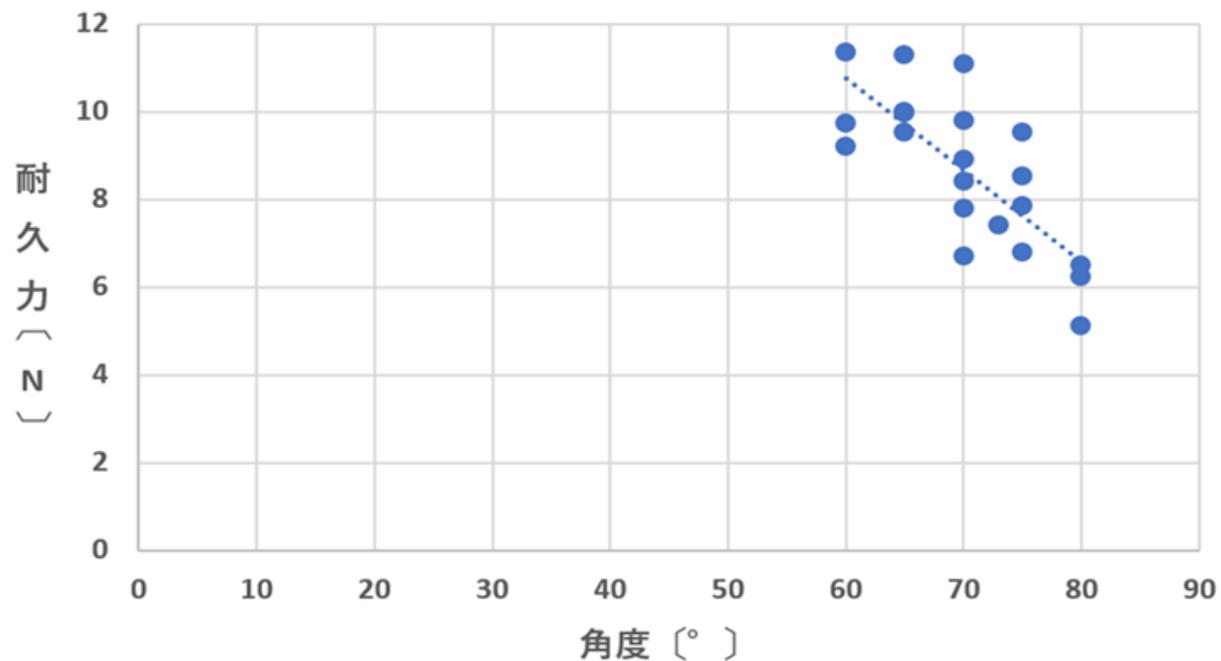
- 角度が大きくなっても耐久力に大きな違いはなかった。

# 実験結果

○ねじれ之力

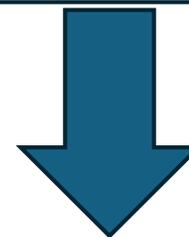


○引っ張りの力



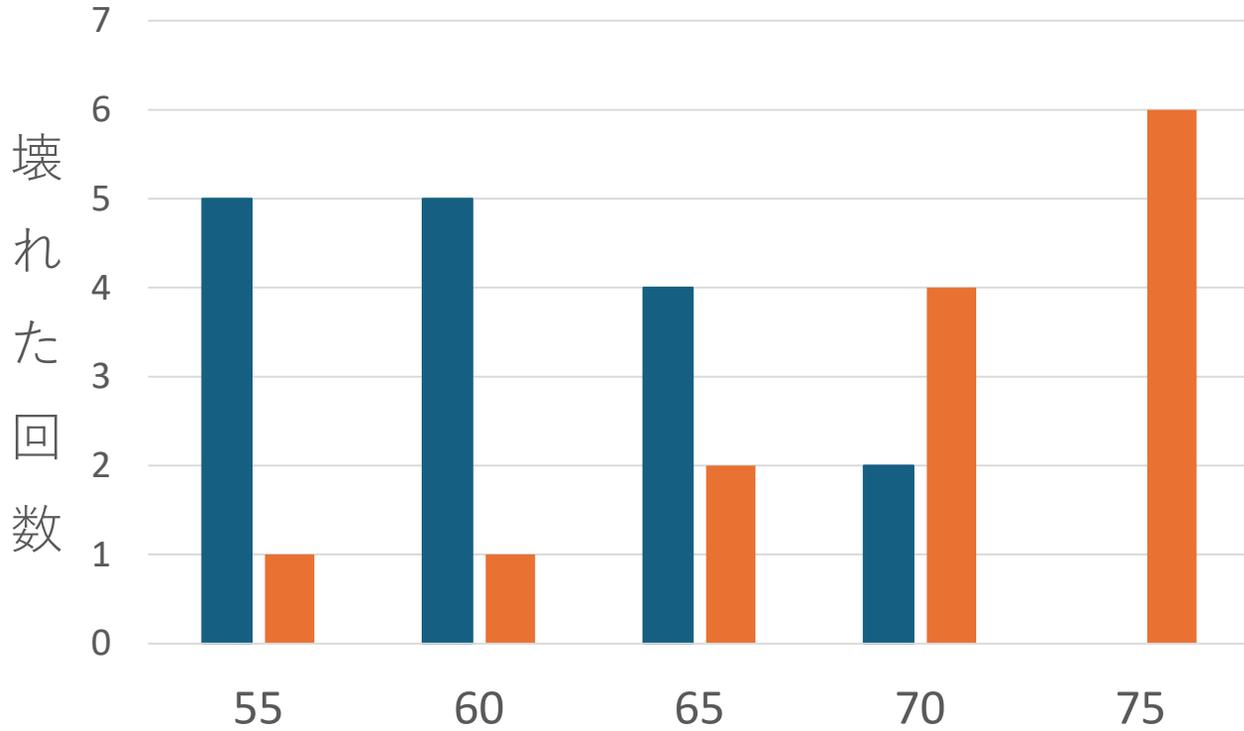
角度が大きくなるほど標準偏差が小さくなり、安定性が増す

先行研究で、引っ張りの力については、角度が小さいほど耐久力が増す。



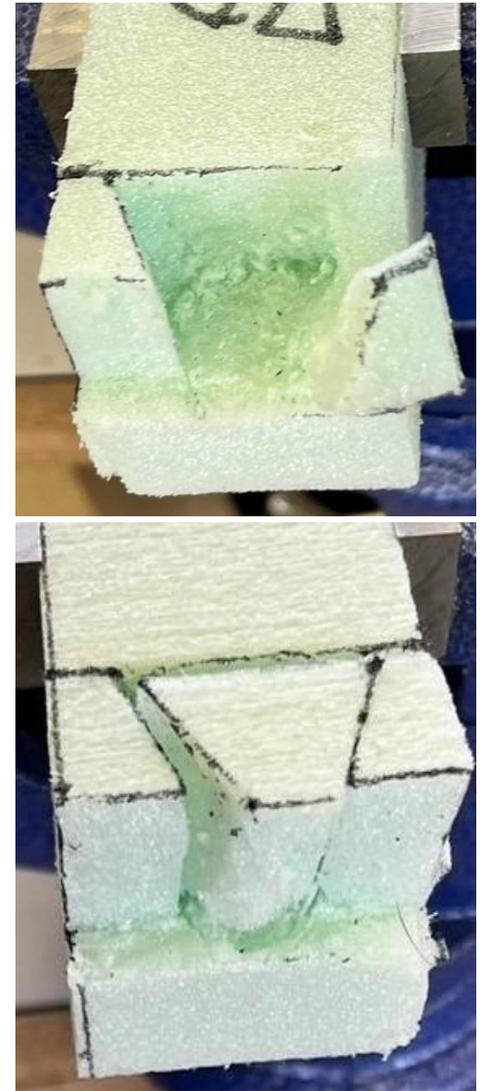
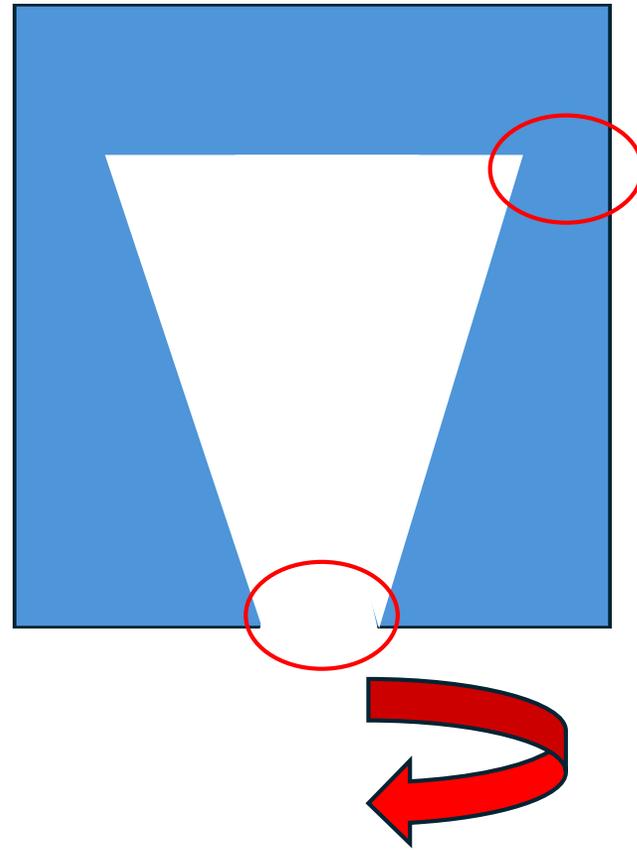
適切なのは  
引っ張りの力：角度小  
ねじれ之力：角度大

# 壊れた側の角度



角度(θ)  
■ 凸 ■ 凹

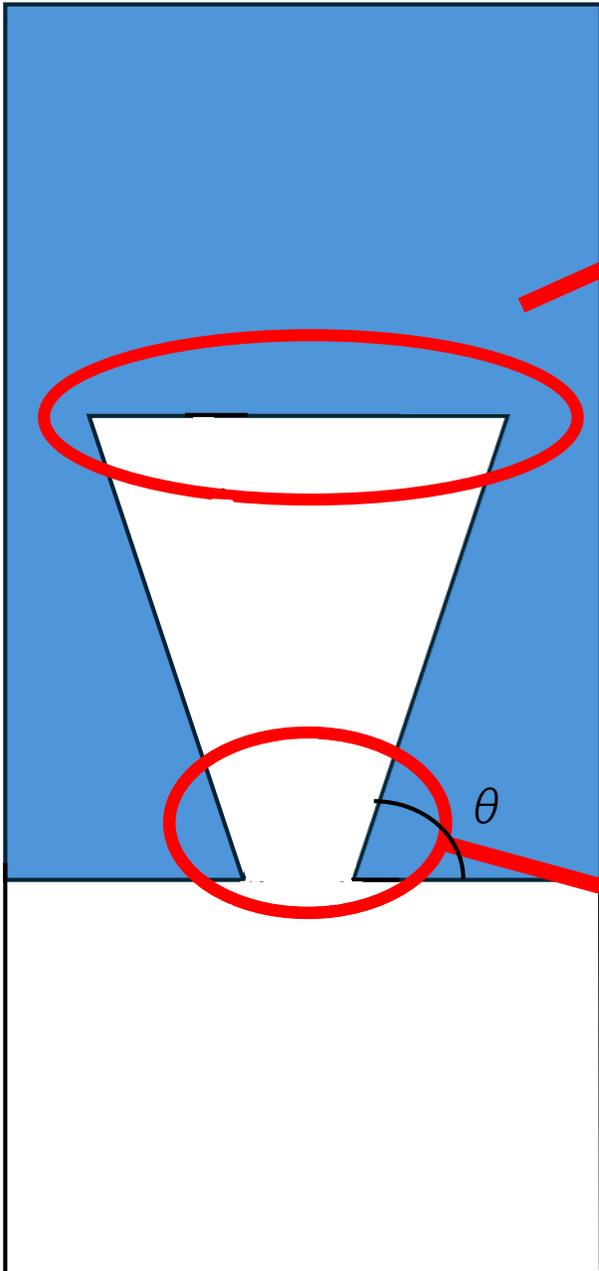
角度大...凹側  
角度小...凸側  
で壊れることが多い



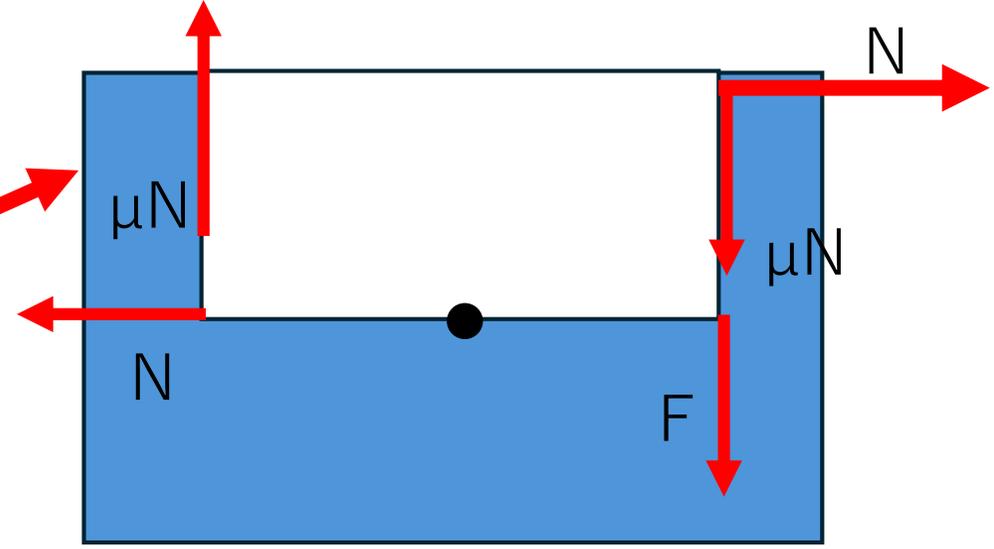
# 考察

- ①角度を大きくすると接着部分の長さが長くなり、折れにくくなるため、凹側が壊れやすかった。
- ②模型の作成時に角度や長さなどにずれが生じたことで値に影響を及ぼした可能性がある。

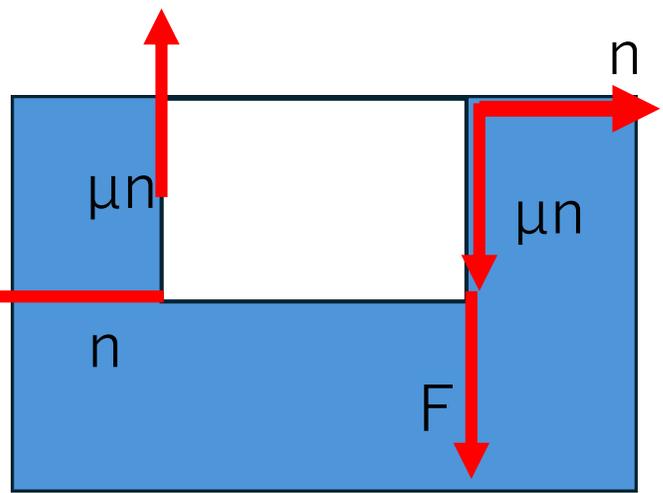
# 考察③：モーメントによる力の変化



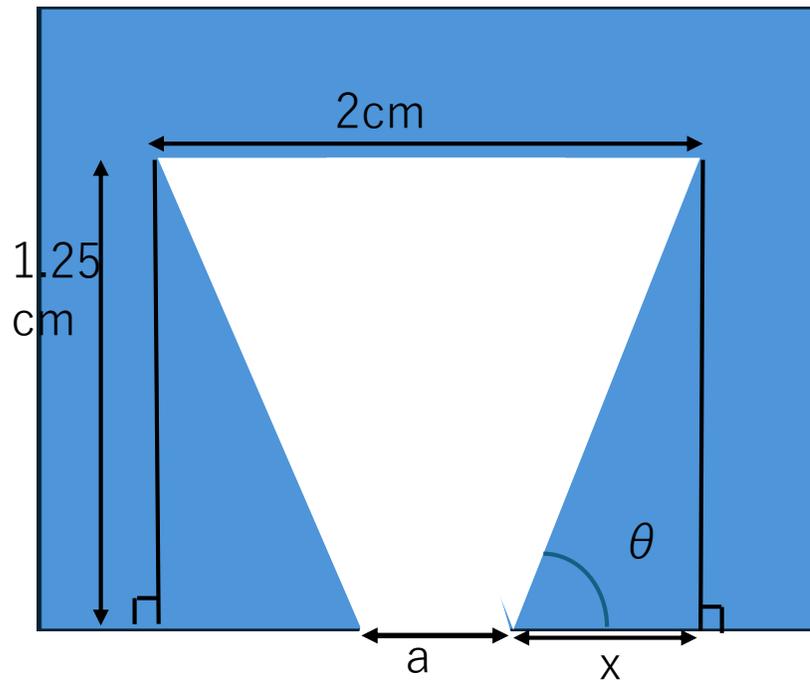
N:凹を水平方向に押す力  
 F:凸が凹を鉛直方向に押す力  
 μ:動摩擦係数



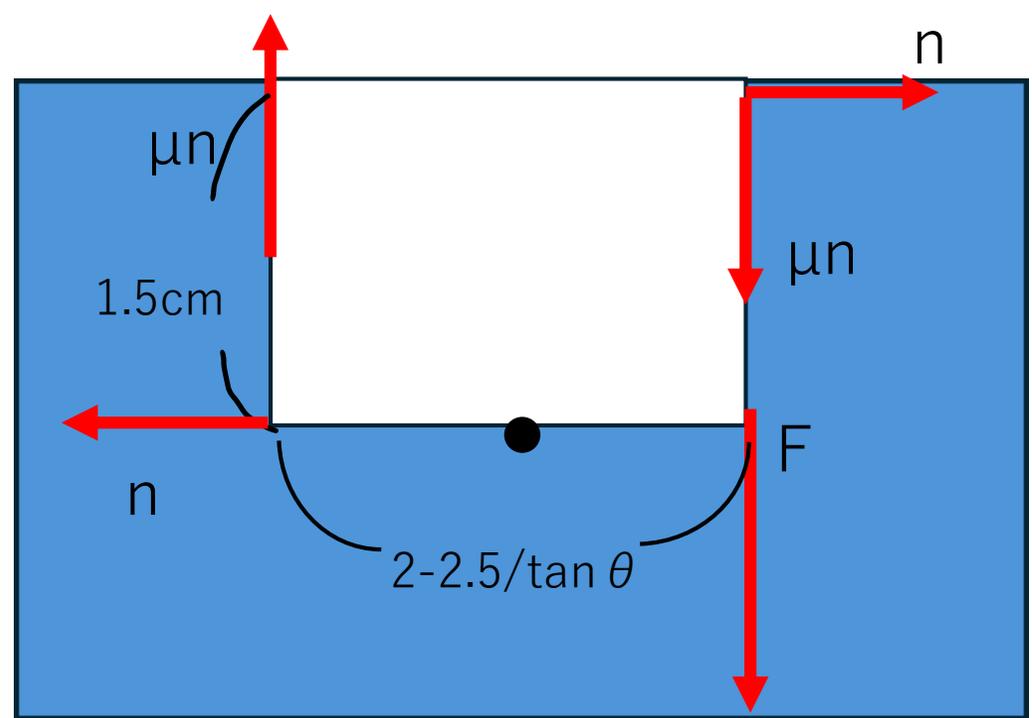
$$N = \frac{2}{3} * F$$



$$n = (2 - 2.5 / \tan \theta) * F / 3$$

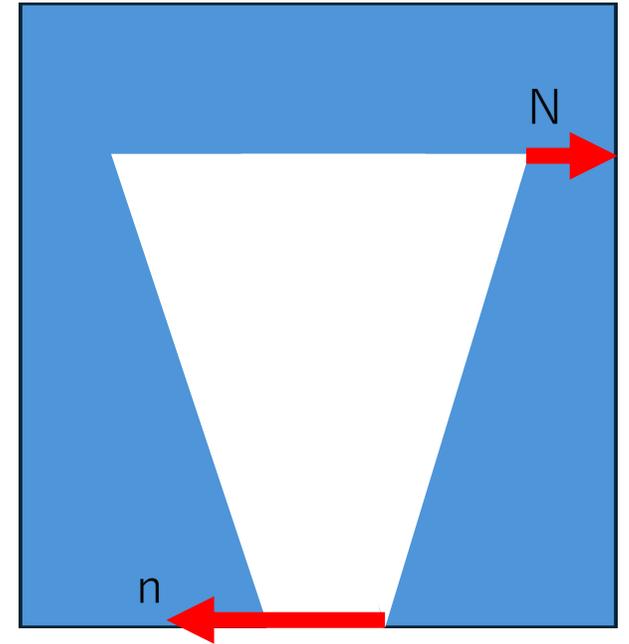
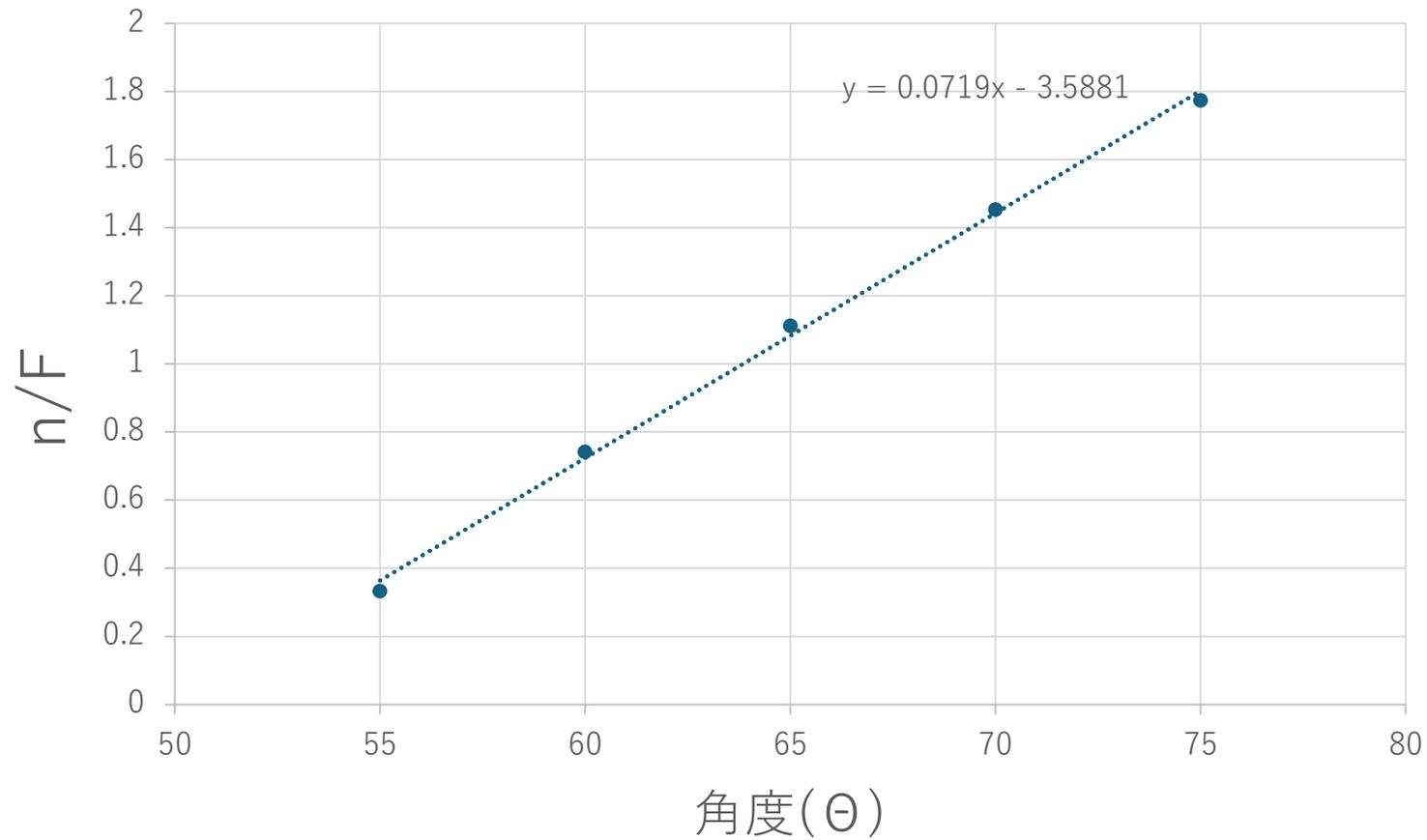


$$\begin{aligned}
 x &= 1.25 / \tan \theta \\
 a &= 2 - 2x \\
 &= 2 - 2(1.25 / \tan \theta) \\
 &= 2 - 2.5 / \tan \theta
 \end{aligned}$$



黒丸を中心としたモーメントの  
つりあいを考える。

$$\begin{aligned}
 (2 - 2.5 / \tan \theta) * F / 2 &= 1.5 * n \\
 n &= (2 - 2.5 / \tan \theta) * F / 3
 \end{aligned}$$



力  $n=y*F$  角度が増えると、 $n$ の力は増す。力 $N$ と $n$ がかかる部分では、 $n$ の力と根元部分の長さを考慮したものが、先に $N$ が壊れる基準を超えると、 $n$ が先に壊れる。根元部分の太さの影響については、追加の実験が必要。

# まとめ

- ・腰掛蟻継ぎにおいて、角度は耐久度にそれほど差がなかったが、安定度は角度が大きいほど高かった。
- ・この結果と先行研究から、基本は角度は小さいほうがよく、ねじれのかがかかる場合のみ角度を大きく調整すればよいと分かった。

# 展望

- ・材料に今回の実験と同じように力を加えることで、太さと耐久力の関係を考察する。
- ・実験回数を増やす。
- ・木組みの模型のずれを減らす。
- ・別模型（金輪継ぎ）や別の材料(3Dプリンター、木材[スギ]など)を用いて実験を行う。

# 参考資料

- ・「木組みの耐久性 ～未来を継ぐ伝統技法～」  
徳島県立脇町高等学校 大塚諒太郎 西條陽人 前田煌成
- ・「伝統的構造による木造建築物の荷重－変形関係推定に関する研究」  
東京大学 河原大
- ・大工の学校

<https://blog.goo.ne.jp/tom-p1423/e/6ccac71db58ddfc97a36559cd5491395>

# 協力

- ・切中建設