

月面掘削ロボットの貫入杭形状の違い に対する性能評価

○岩野 優樹 , 李 奥 , 宮本 裕司 (福井工業大学)
小林 俊夫 ((株)三誠) , 中野 尊治 (大阪大学)

月面生活が本格化すると その基礎工事に掘削作業が必要となる

重機による掘削



<https://www.nipponcat.co.jp/products/excavators/>

運搬時の重量・寸法の制限

人間による掘削



<https://humans-in-space.jaxa.jp/life/wear-in-space/history/>

過酷な環境下における作業

月では困難

小型で運搬が容易な掘削ロボットの開発が求められている

先行研究

先行研究では以下の問題・課題がある

JAXA



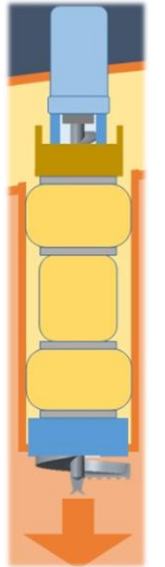
安田進, 小松敬治, 田中智,
"月惑星探査のための自己回転
スクリュ機構の研究"
日本機械学会論文集C編,
vol77 No.781(2011-9), p3405

- 掘削速度が遅い（数時間で深さ600[mm]）
- 小型軽量が必須
- ドリルの反力を打ち消す必要がある



従来の研究...

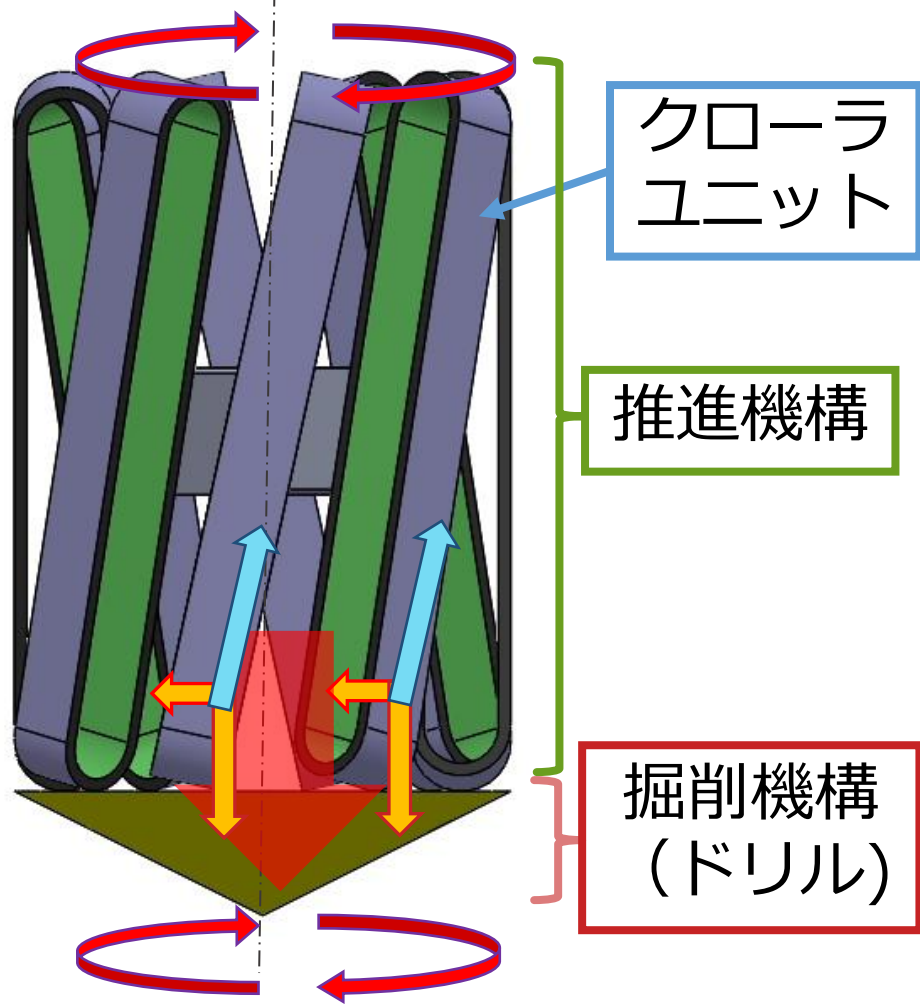
中央大学



中武豊晴, 金野将志, 水品明日香,
山田康之, 中村太郎, 久保田孝,
"落下土循環システムを搭載した蠕動
運動型月面掘削ロボットの掘削性能
向上の検討" 日本ロボット学会誌
vol35, No.3(2017), pp230-238

新たな掘削ロボットの機構として
「環状傾斜クローラ機構」を提案

「掘削ロボット」の概要



掘削機構として
ドリル取付
推進機構は複数の
クローラを傾けて配置



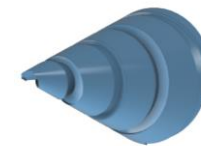
周囲の砂から受ける
圧力を推進力へ変換

ドリル反力を打ち消し
ながら推進可能

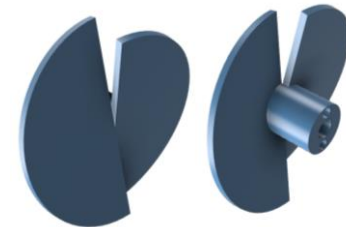
翼形ドリルの性能評価実験

従来の研究・先行研究との比較

| | 自己回転 スクリュ機構 | 蠕動運動型 月面掘削ロボット | 円錐形ドリル | 翼形ドリル |
|----------------|----------------|-------------------|-------------|-------------|
| 掘削深度 [mm] | 648 | 938 | 18 | 58 |
| 掘削速度 [mm/s] | 0.04 | 0.03 | 0.30 | 0.97 |



円錐形ドリル



翼形ドリル

- ・翼形ドリルを用いると掘削深度・掘削速度が3倍に向上

研究目的

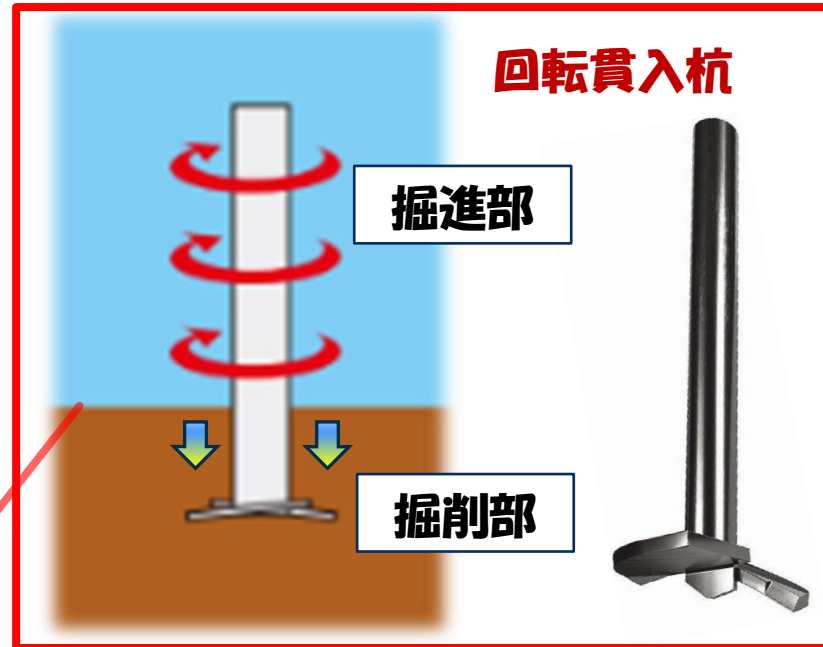
先端の杭形状に着目し、形状の違いによる掘削特性の評価

レゴリス地盤での回転貫入杭のロボット施工化案

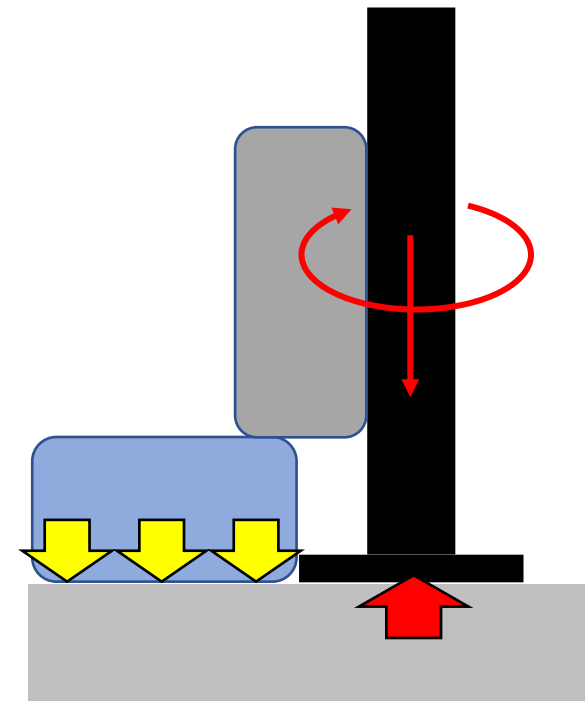
杭埋設方法の検討



杭施工の様子

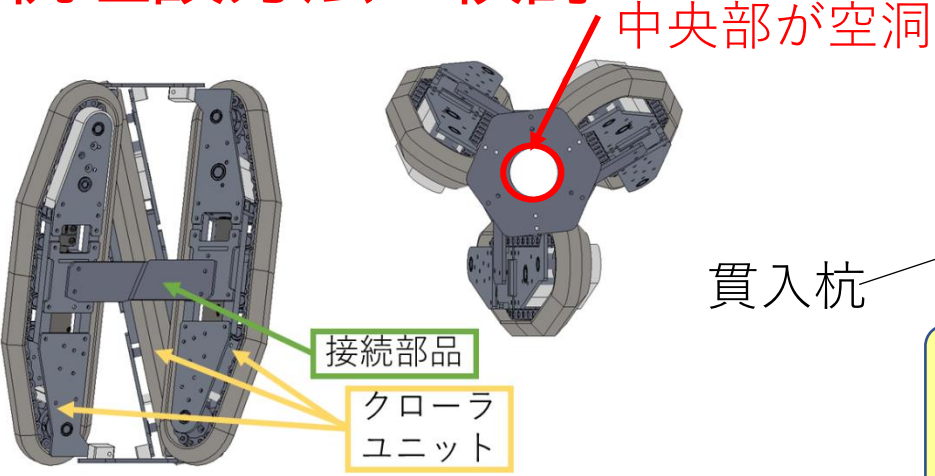


反力を機体重量で
受ける必要有



レゴリス地盤での回転貫入杭のロボット施工化案

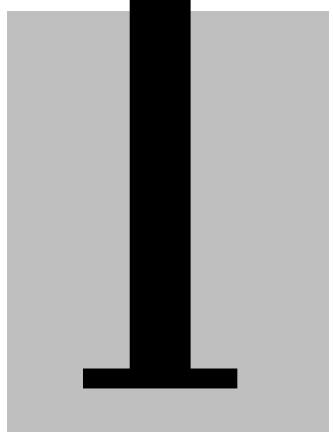
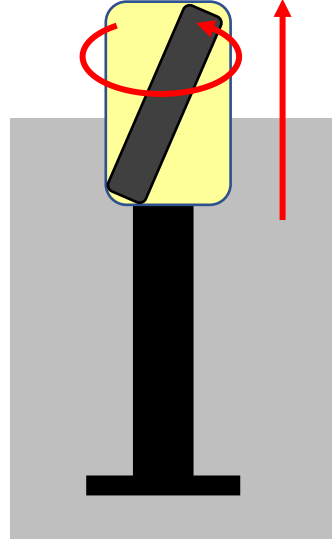
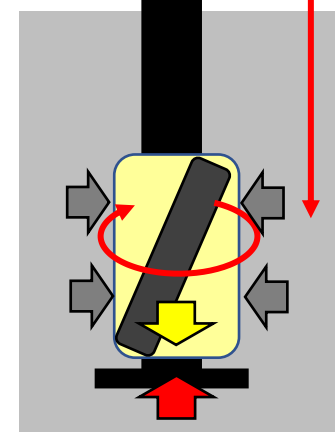
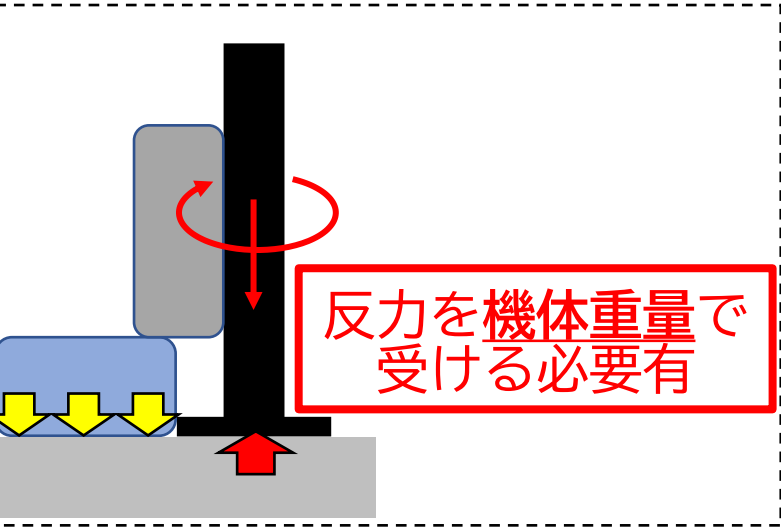
杭埋設方法の検討



反力をレゴリス地盤から受ける圧力とロボットの推進力で受ける

掘削ロボットが杭を掴みながら推進

杭を掴まずに逆回転させ復帰

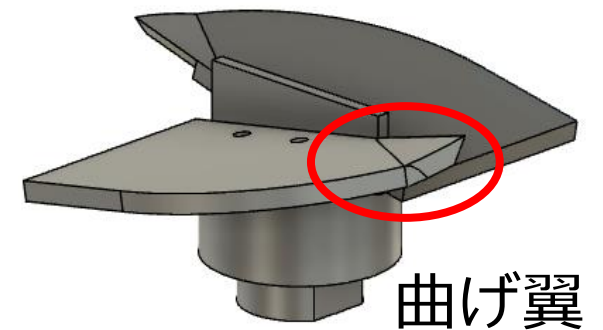
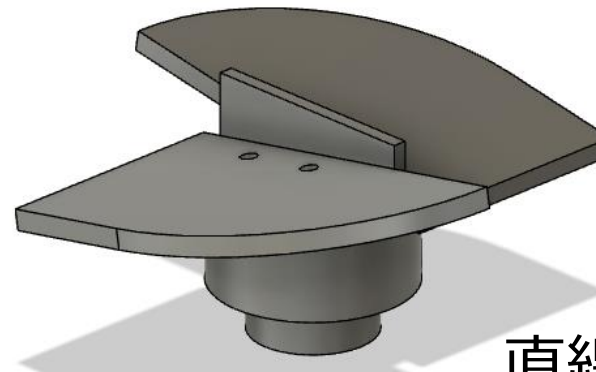
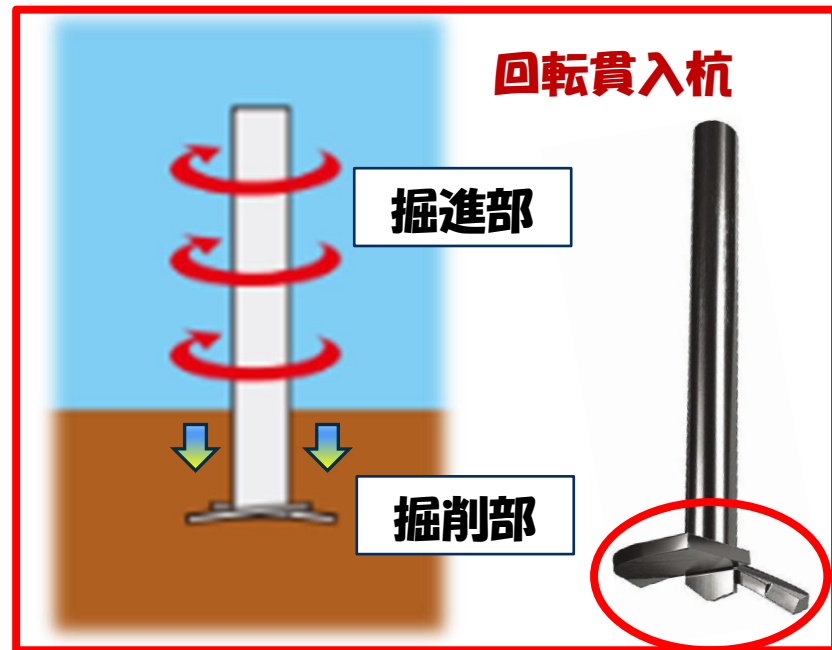


本研究で用いるドリル先端形状

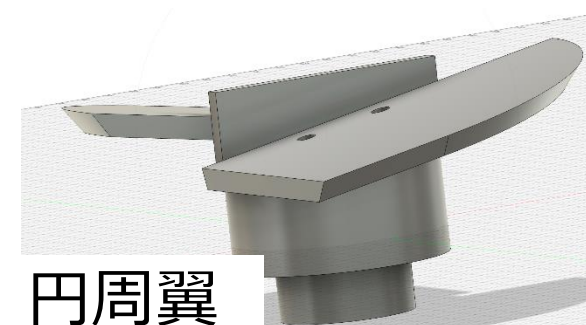
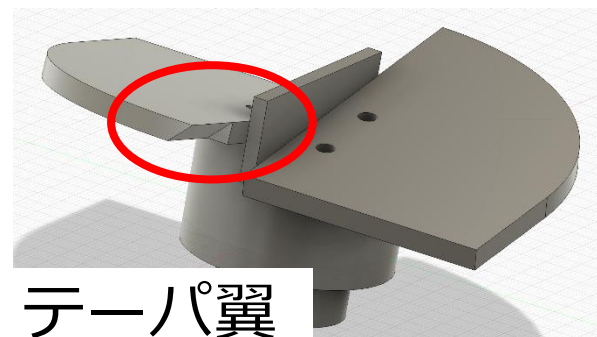
研究目的

先端の杭形状に着目し，形状の違いによる掘削特性の評価

本研究で用いる先端形状



鋼管杭（株式会社 三誠）

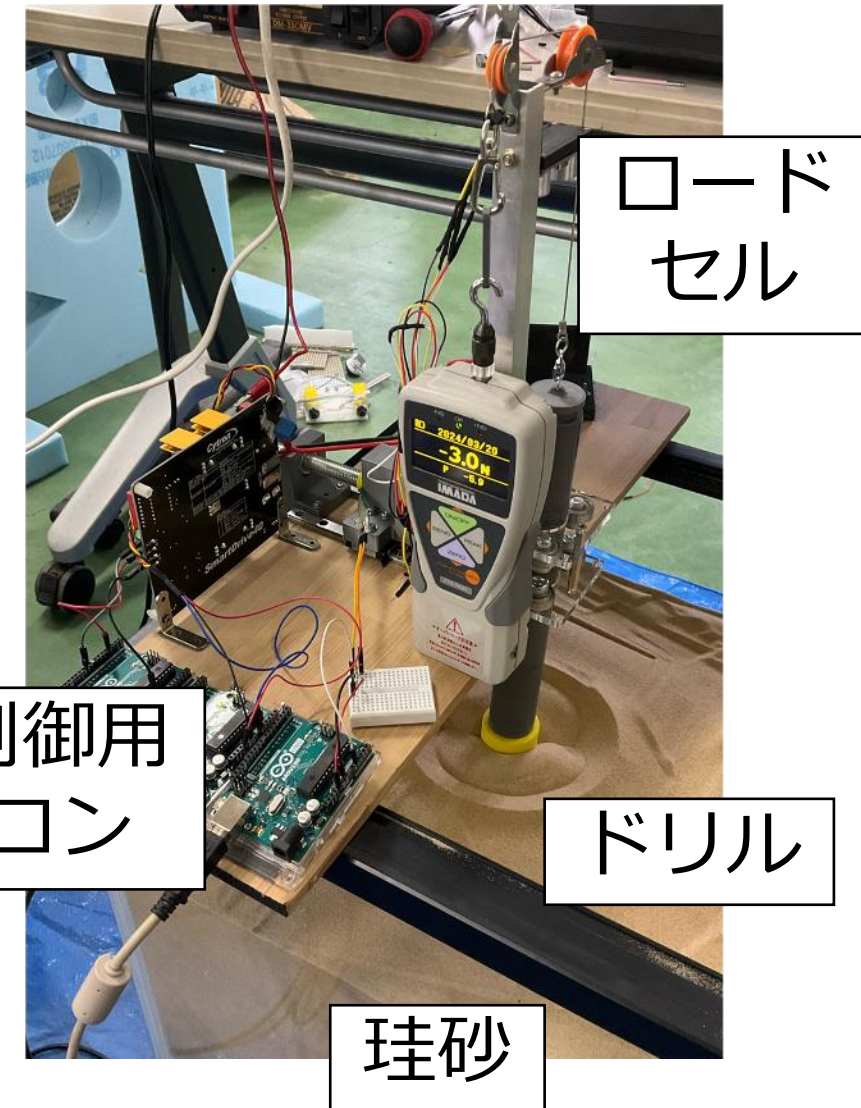


実験装置・目的

実験目的：

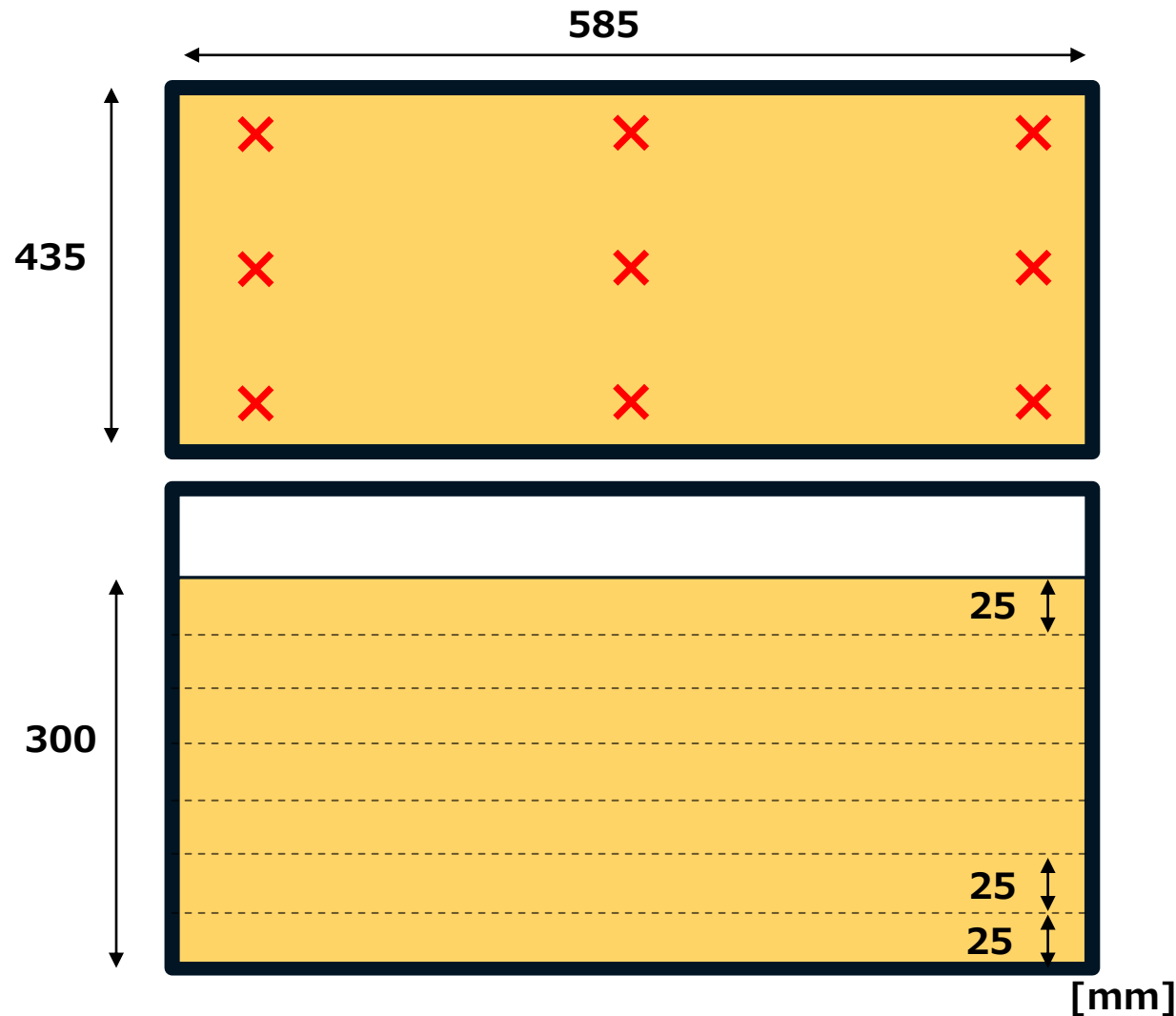
ドリルの翼形状と回転速度の違いにより
推進力と消費電流にどのような違いが出るか検証

- ・ レゴリスと粒径の似た珪砂（豊浦珪砂）を使用
- ・ 4種類の翼形状（直線・曲げ・テーパ・円周）
- ・ 3種類の回転速度
(低速10m/min・中速20m/min・高速30m/min)



実験装置（空中落下法により珪砂の密度調整）

容器内の珪砂の密度 62.3%

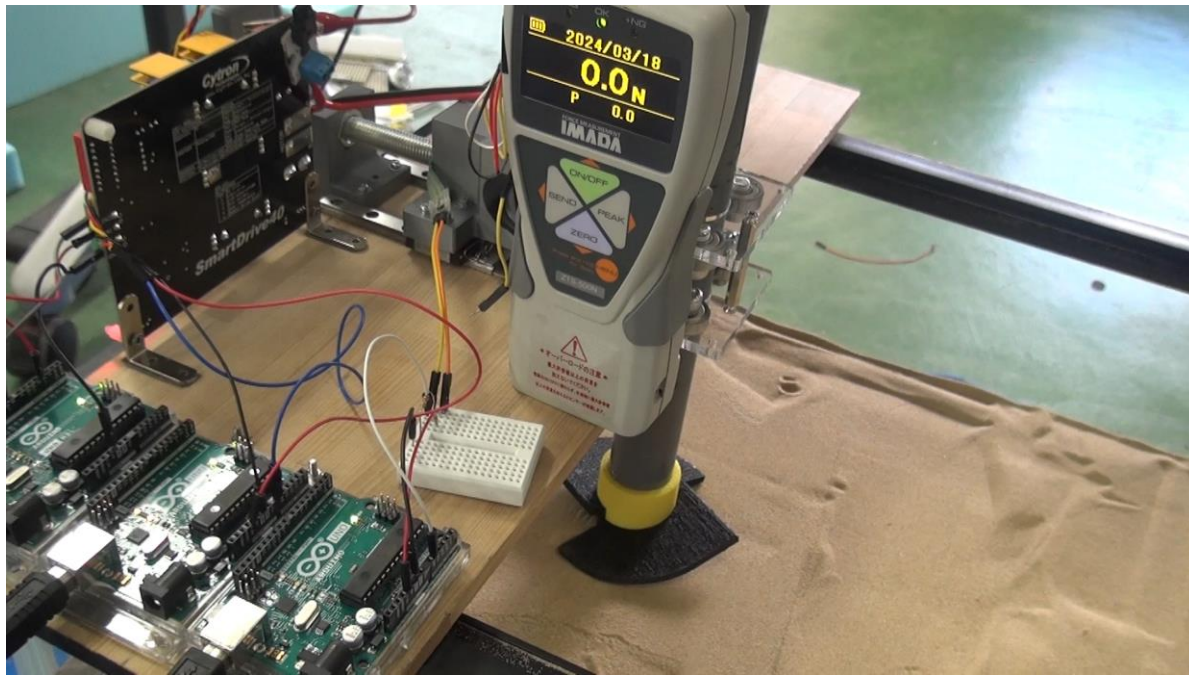


珪砂（豊浦珪砂）

実験の様子

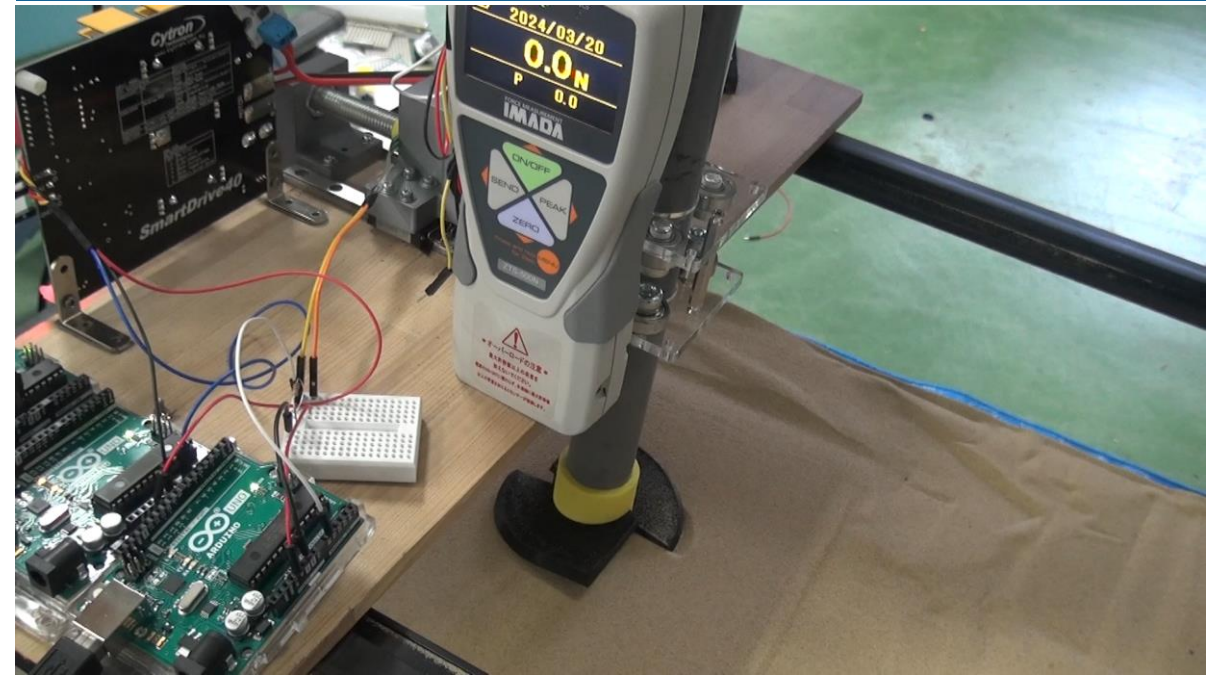
直線翼

目標深度0mm低速10m/min



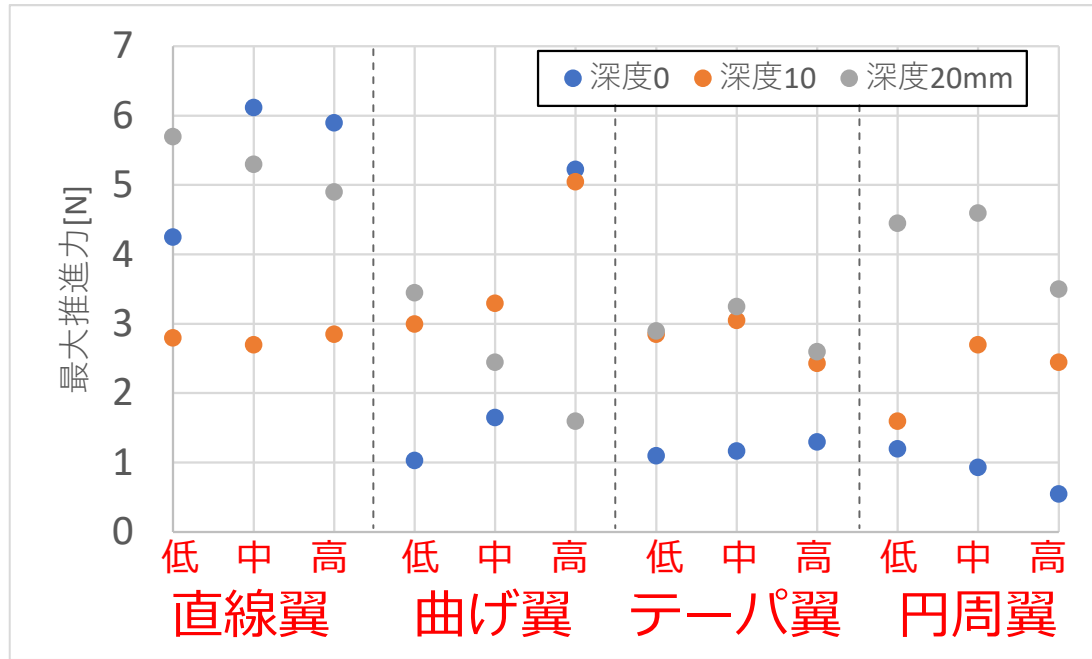
円周翼

目標深度20mm高速30m/min

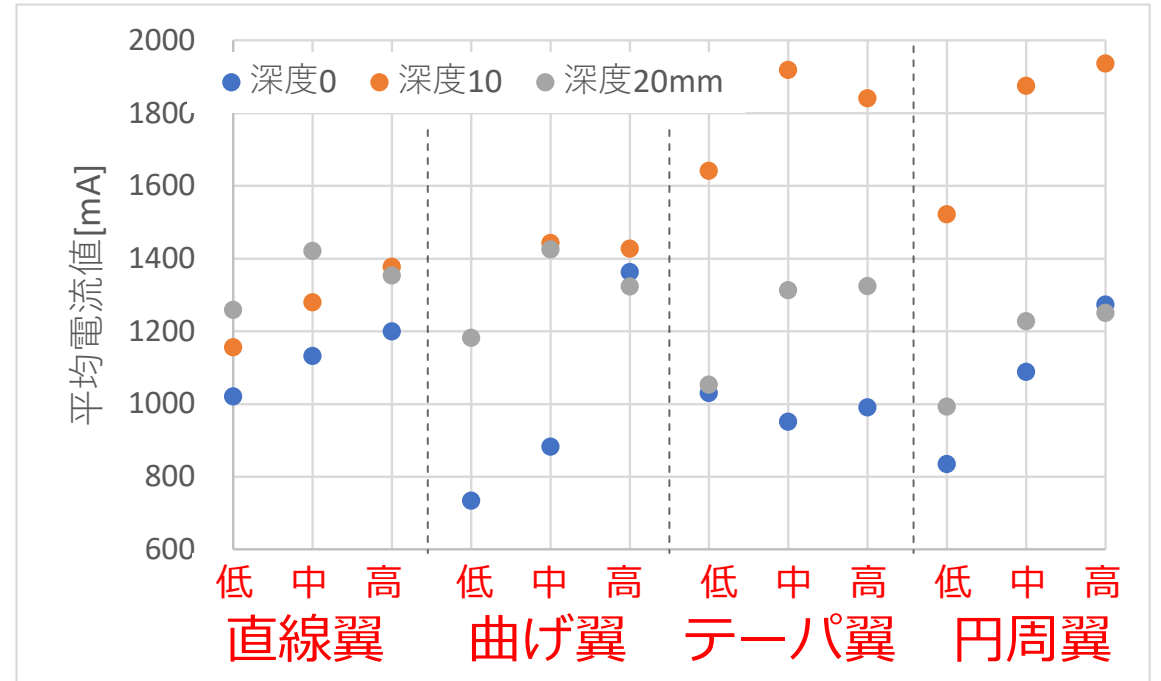


目標深度まで掘削しその際の最大推進力を測定

推進力・電流値の実験結果



直線翼，円周翼の推進力が高い
深度が深くなるほど推進力も
高くなる傾向



テーパ翼，円周翼の電流値が高く
高速になるにつれ電流値が
増加する傾向

回転数を高速にするほど，推進速度は増加傾向

結論

先端の杭形状に着目し，形状の違いによる掘削特性の評価を目的として研究を行った

- 直線翼，円周翼は推進力が高いがテーパ翼は電流値が高くなる傾向
- 深度が深くなると推進力も増加傾向
- 高速回転であるほど掘削速度が速くなる傾向

今後はより深い深度，翼の形状・角度等を変えて実験
レゴリス模擬砂（FJS-1）環境にて実験