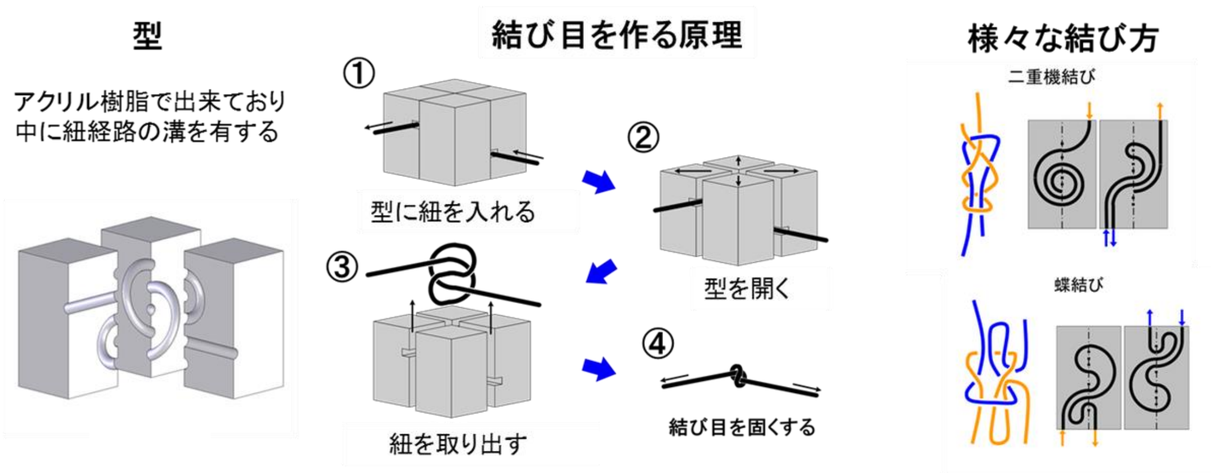
型を用いたCNT紡績糸の結索について

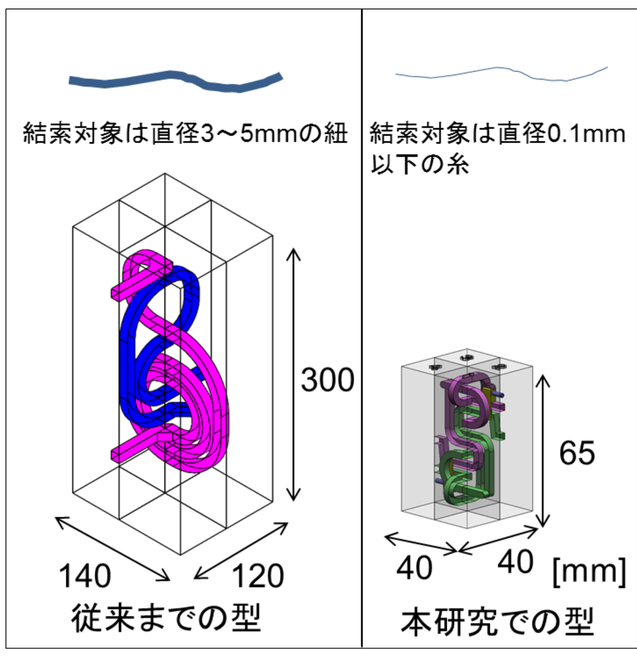
金沢大学大学院　自然科学研究科　機械科学専攻
機構設計研究室　M2　永田創平
指導員　菊池遵一，　喜成年泰

研究背景・目的

本研究室では2005年から型に紐の結び目経路を形成し,その経路に紐を導入して結び目を得る方法を用いた結索装置における経路形成技術の研究を行っている.

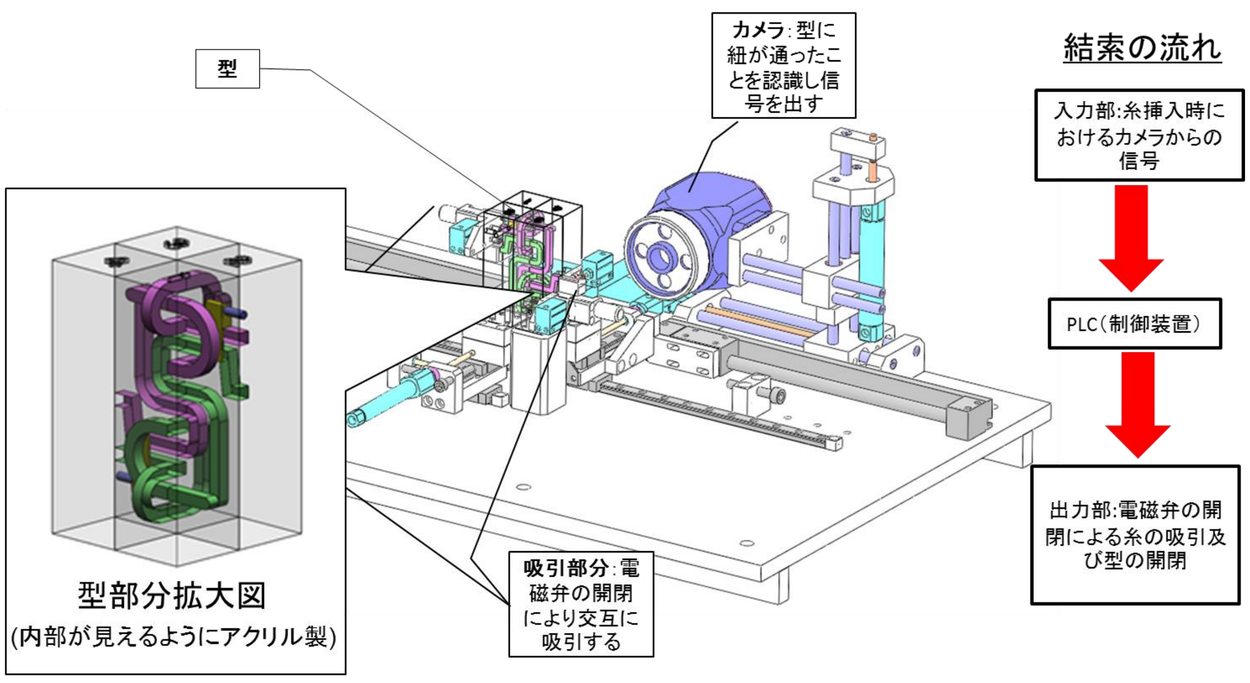


これまでの結索対象は直径1mm(1000μm)以上のロープや紐であった → 本研究では結索対象を直径100μm以下のカーボンナノチューブ(CNT)紡績糸に代表される超極細繊維とする



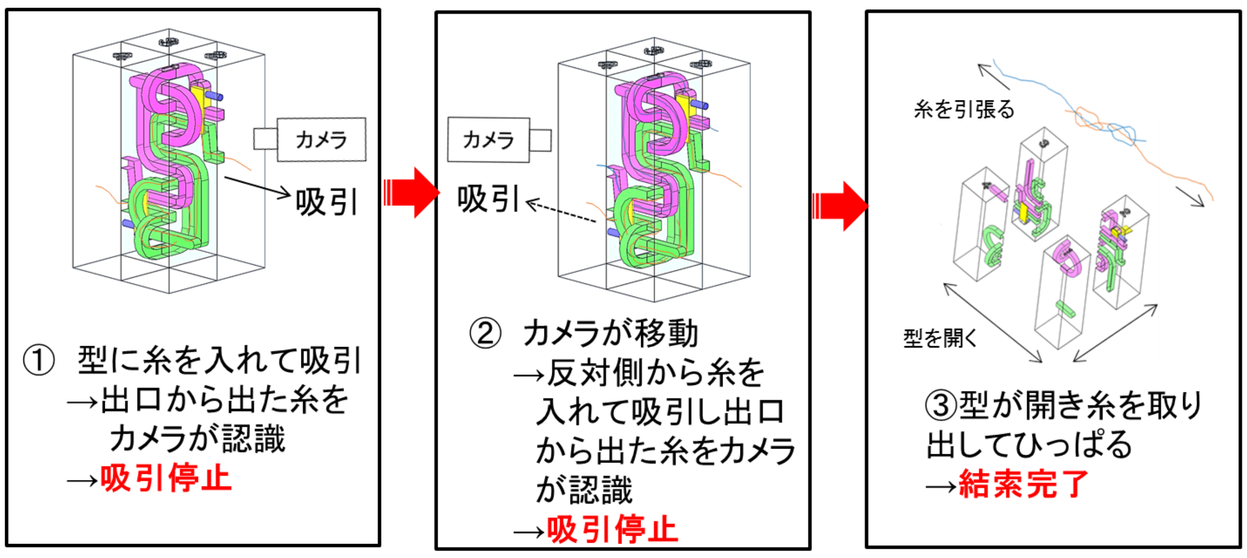
本研究では結索装置を試作し,
CNT結索技術の構築,
自動化への展望を示すこと
及び
CNT紡績糸を結索できる型設計条件を確立する
ことを目的とする. この研究によって
ハンドリングが困難な糸の結索が可能
となり,
CNT紡績糸の無限に長い糸状物体を得る
ことができ, その用途の拡大が見込まれる

結索機の概要



▲結索装置

型について



① 型に糸を入れて吸引
→出口から出た糸をカメラが認識
→**吸引停止**

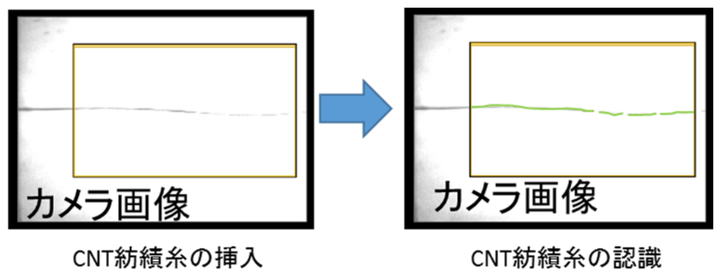
② カメラが移動
→反対側から糸を入れて吸引し出口から出た糸をカメラが認識
→**吸引停止**

③型が開き糸を取り出してひっぱる
→**結索完了**

CNT結索の自動化は上記の一連の結索機の動作(**糸の吸引及びカメラ位置の移動, 型開の開閉**)が自動化することによって実現する.

カメラによるCNT紡績糸の検出

CNT紡績糸はきわめて細いので**高精度検出カメラ(IV-H500CA)**を用いてCNT紡績糸の挿入を感知する
→両側からの糸の挿入を感知したら型が開く仕組みとなる



CNT紡績糸の挿入　　CNT紡績糸の認識

糸通過シミュレーションの提案

現状の型設計

経験則を頼りに型を設計, 製作を行っている

問題点

- 吸引を行なうと、型や糸の種類により、糸が途中で止まる場合がある
- 糸が通りきる型が完成するまでトライ＆エラーで設計と試作を繰り返しておりコスト, 工数が増加する
- 吸引時にどの程度の力が糸に加わるか分からないためCNT紡績糸などの細い糸は切れてしまう恐れがある

※吸込み流速を大幅に上げての使用は、糸の損傷, エネルギの多量消費が発生

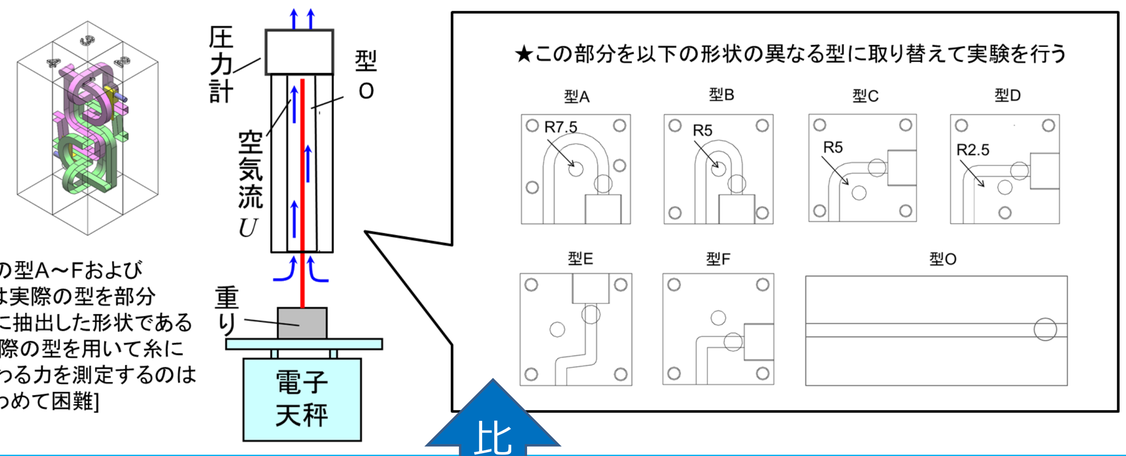
シミュレーションの提案

適切な吸込み流速での結索の可否を型設計段階で判断できるような糸通過特性の指標を提案する

実験方法

実験値

[方法] アクリル型を空気流で吸い込みその時の圧力を圧力計から, 糸にはたらく吸引方向の力の大きさを電子天秤からはかりとる



右の型A～FおよびOは実際の型を部分的に抽出した形状である
[実際の型を用いて糸に加わる力を測定するのはきわめて困難]

比較

シミュレーション値

シミュレーションは以下の**空気抗力**, **流速分布**, **摩擦力**を考慮して糸に働く力を算出

空気抗力

糸に働く力を**空気抗力**として予め算出した**抵抗係数K**から糸に働く力を算出する

$$F = \frac{1}{2} K \rho U^2 \pi d L \qquad K = \frac{2F}{\rho U^2 \pi d L}$$

F: 空気抗力, K: 抵抗係数, ρ: 空気密度
U:流速, d: 糸直径, L: 糸長さ

摩擦力

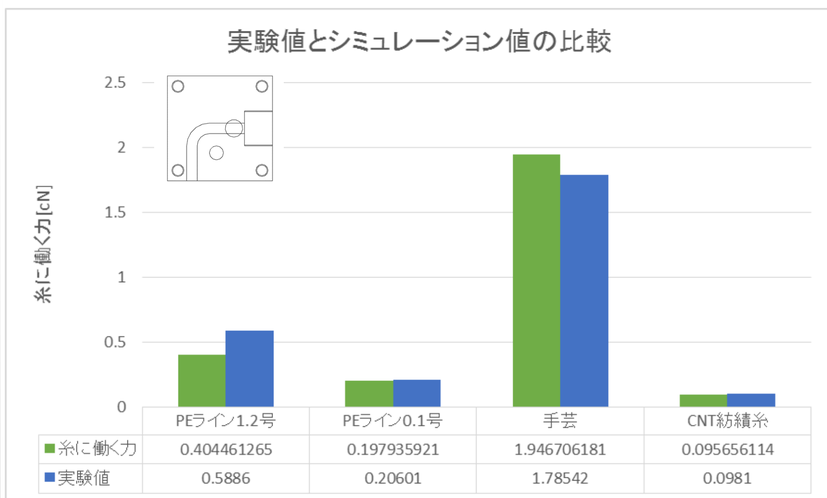
実際の型と同質のアクリル製の円筒を用いて摩擦力測定を行い糸と方との**摩擦係数**を測定
→**摩擦力**を算出

流速分布

型内部の流速分布を**CFD解析**を行って計算し, 糸通過部分の流速を空気抗力に反映させる

実験結果

★型Cについて実験値とシミュレーション値の比較を以下に示す. なお, 実験はCNT以外に太さや曲げ剛性の異なる糸についても行っている.



シミュレーションによって実験値と近い値を算出することが出来た. CNT紡績糸にいたっては97.5%の精度であった.

↓

シミュレーションによって糸に働く力を算出可能である

↓

型通過の可否は曲げ剛性を考慮して行う予定である