

# ナイフ型切離器具による切離抵抗力の表現

---

○本間 達 若松秀俊

(東京医科歯科大学)

# 背景

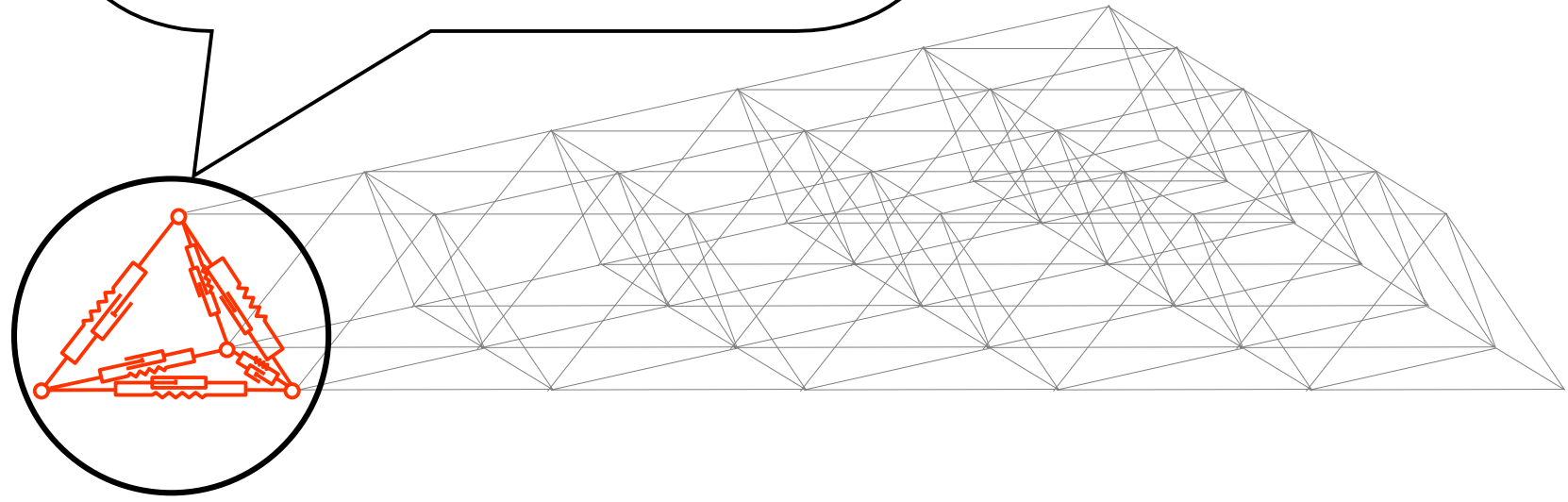
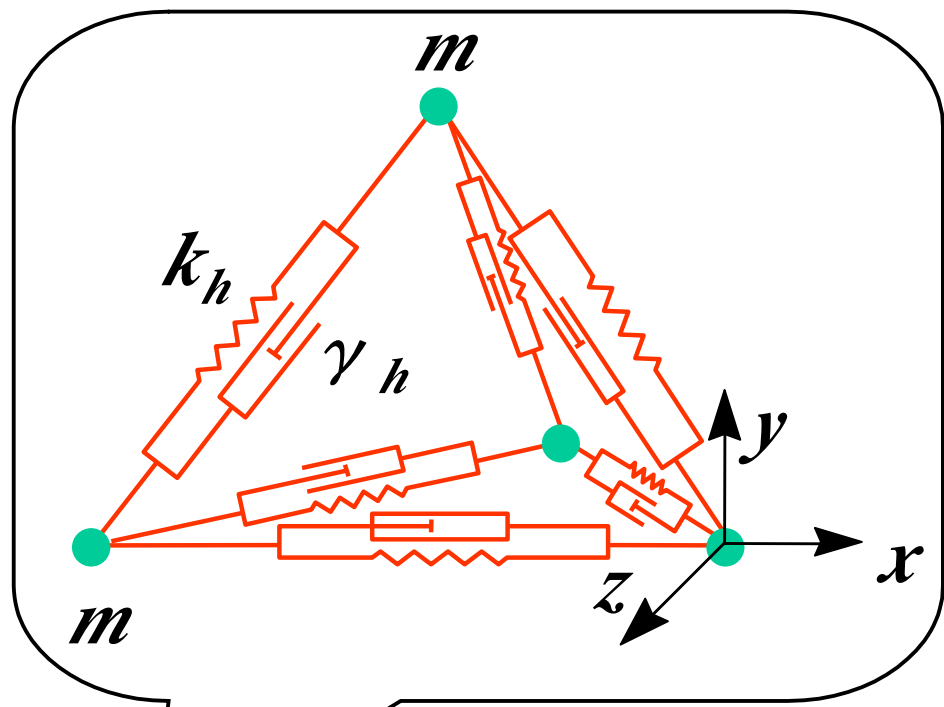
## 現実感の演出

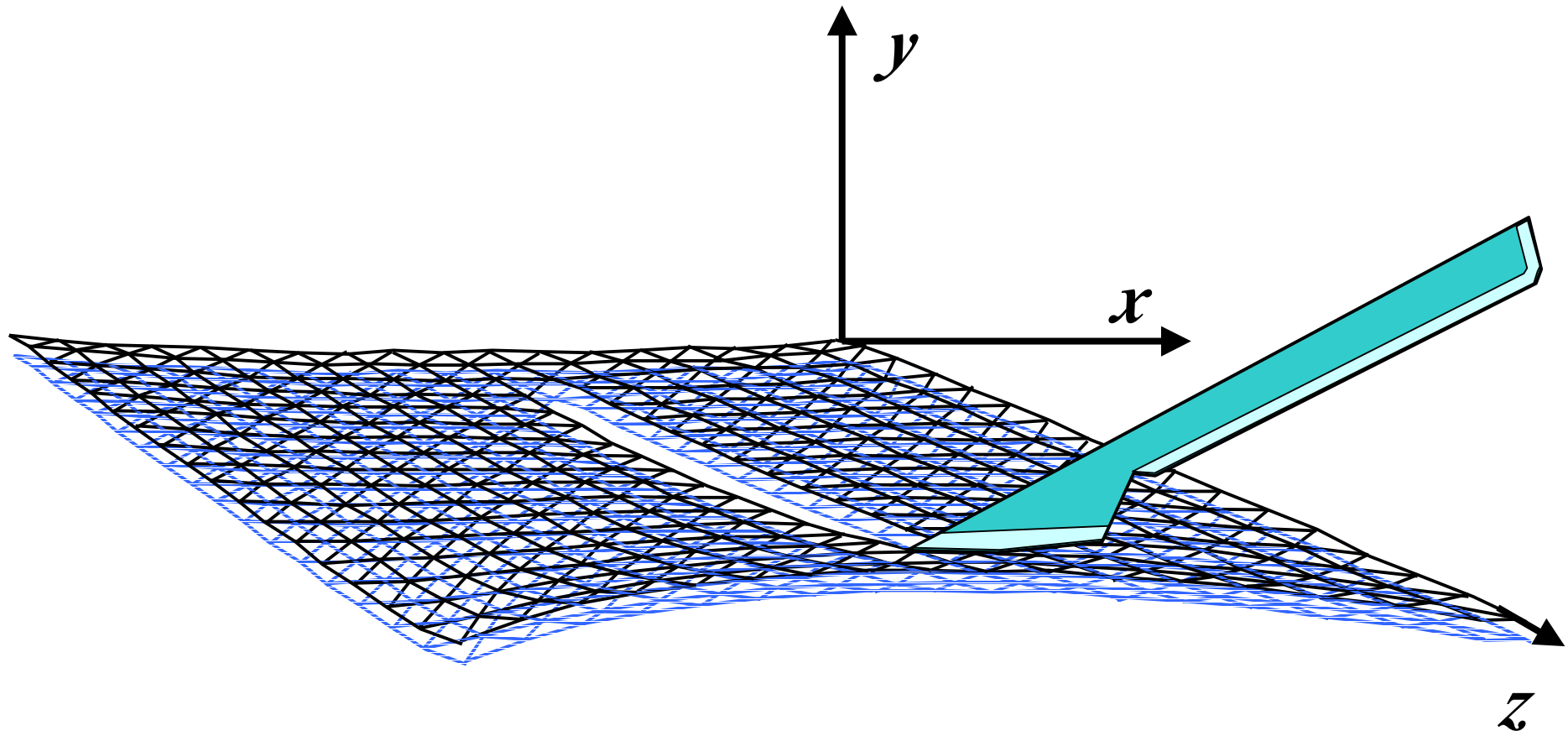
- 様々なフォースディスプレイシステムの開発  
ハサミ型、ナイフ型、ノコギリ型
- 物性を考慮した三次元仮想物体の表現  
粘弾性体モデルによる仮想物体の構築

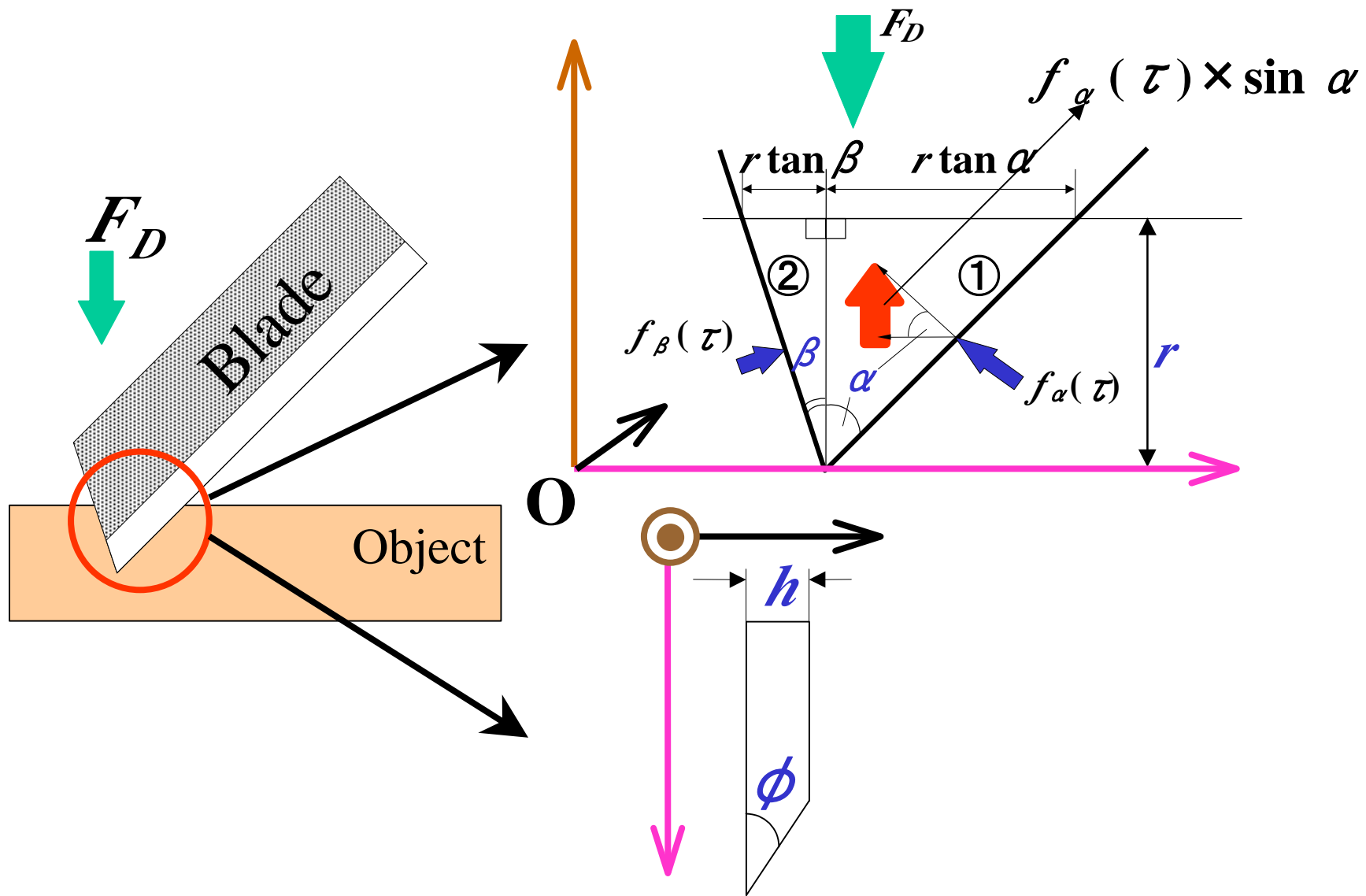
# 目 的

---

- 物性値を与えた粘弾性体モデルによる  
仮想物体の構築と加工
- ナイフを用いた場合の切離抵抗力の表現
- ナイフ型力覚表示システムの構築







$$r = \sqrt{\frac{2F_D}{Eh\{\tan r \sin r + \tan S \sin S\}}}$$

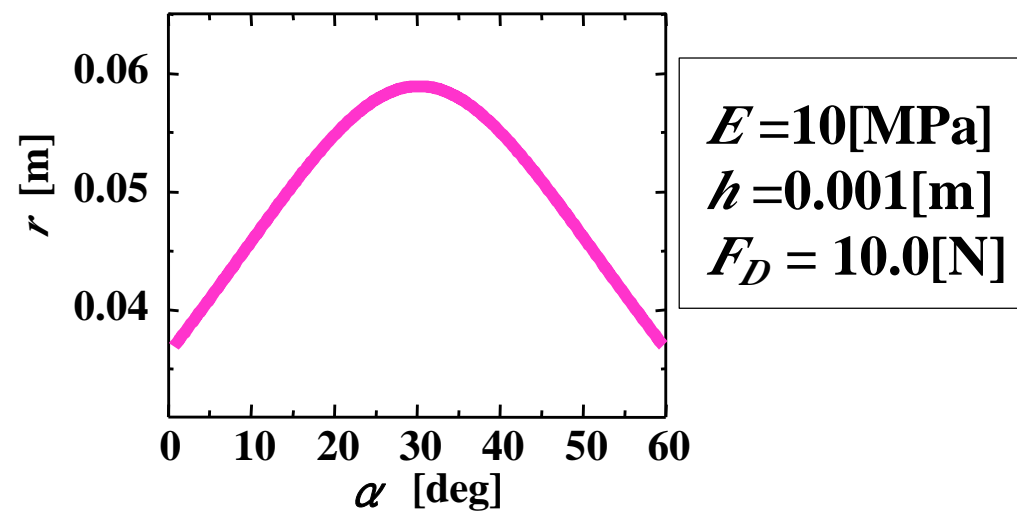
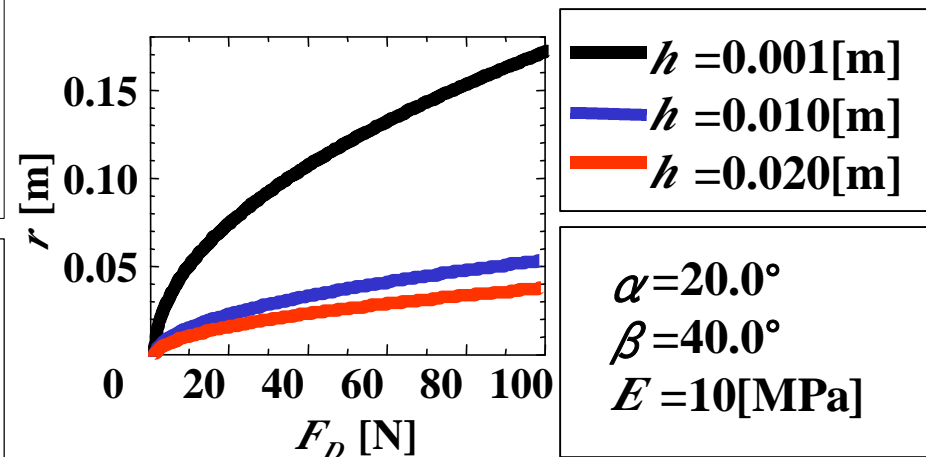
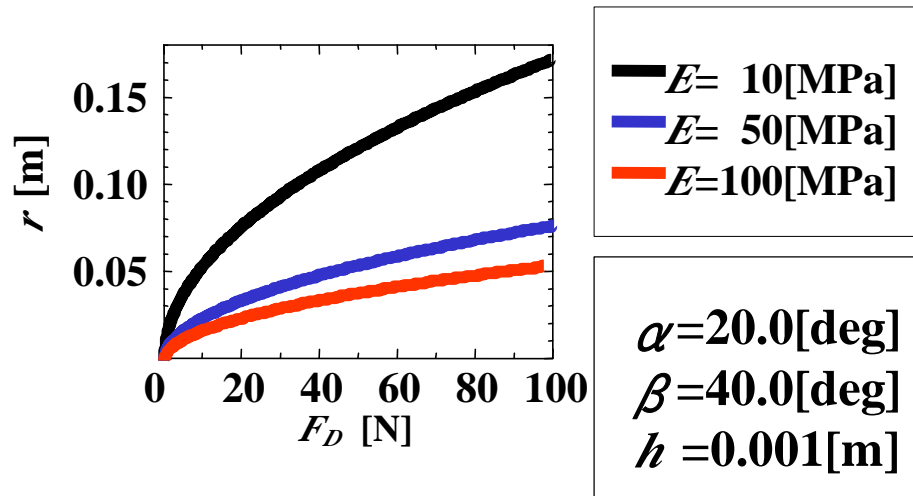
$r$  : 押入されたナイフの刃の深さ[m]

$F_D$  : 物体に対して垂直な方向の力[N]

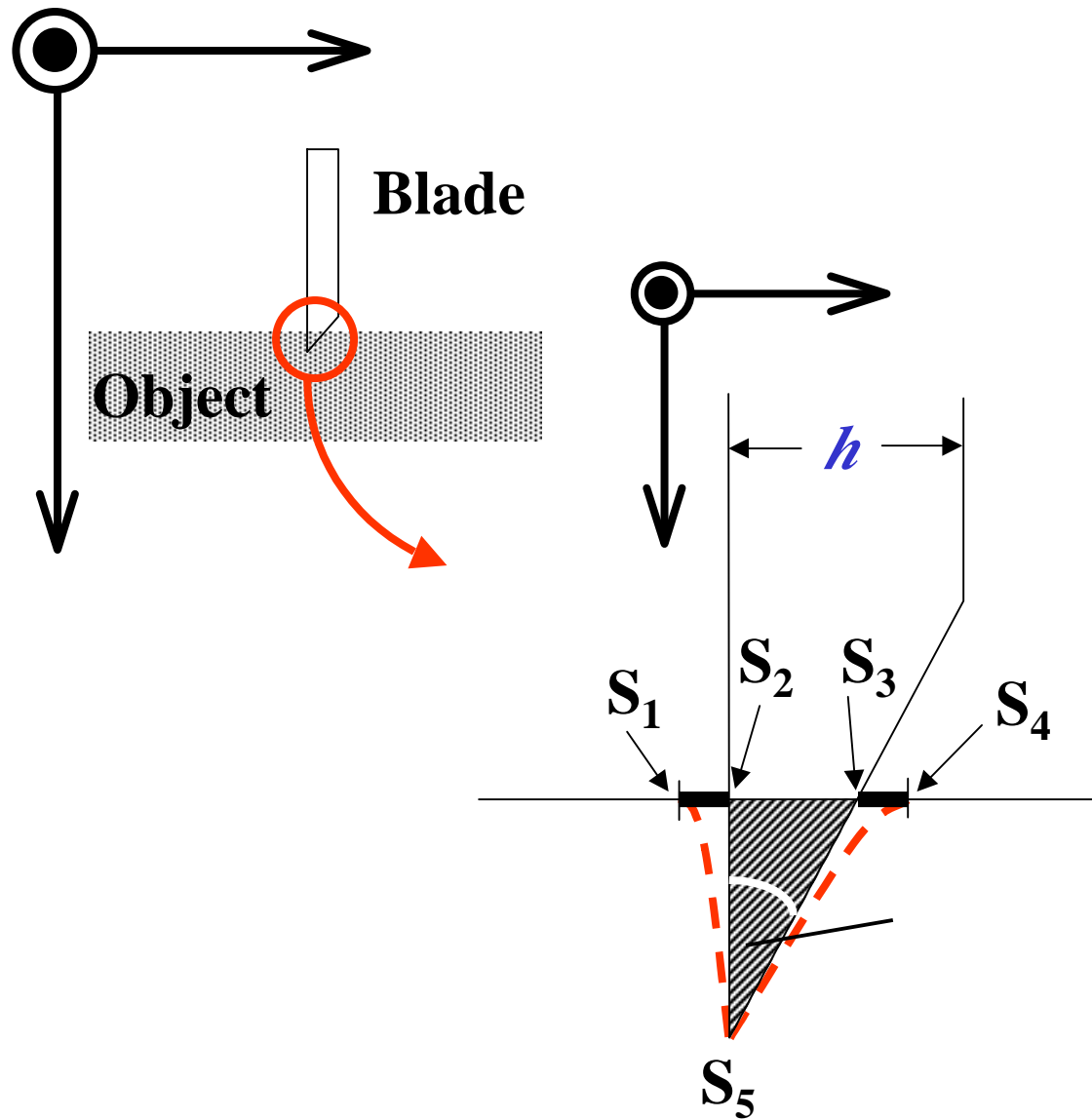
$E$  : ヤング率[N/m<sup>2</sup>]

$h$  : ナイフの肉厚[m]

$\alpha, \beta$  : ナイフの侵入角[deg]







$$\angle S_2 S_5 S_3 = W$$

$$\overline{S_1 S_4} = h$$

$$\overline{S_1 S_2} = \overline{S_3 S_4} = q$$

$$\overline{S_3 S_5} = p$$

$$\overline{S_2 S_3} = p \sin W$$

$$\overline{S_2 S_5} = p \cos W$$

$$h = 2q + p \sin W$$

切離の力学

$$F_B = \frac{1}{2} h \cos W \left( \frac{E_S \sin W}{2 \cos W + E_S \sin W} \right)^2 \sqrt{\frac{2 F_D E h}{\{\tan r \sin r + \tan S \sin S\}}} + \frac{\sim F_D (\tan r + \tan S)}{(\tan r \sin r + \tan S \sin S)}$$

$F_B$  : 物体を切離するときの抵抗力[N]

$F_D$  : 物体に対して垂直な方向の力[N]

$E$  : ヤング率[N/m<sup>2</sup>]

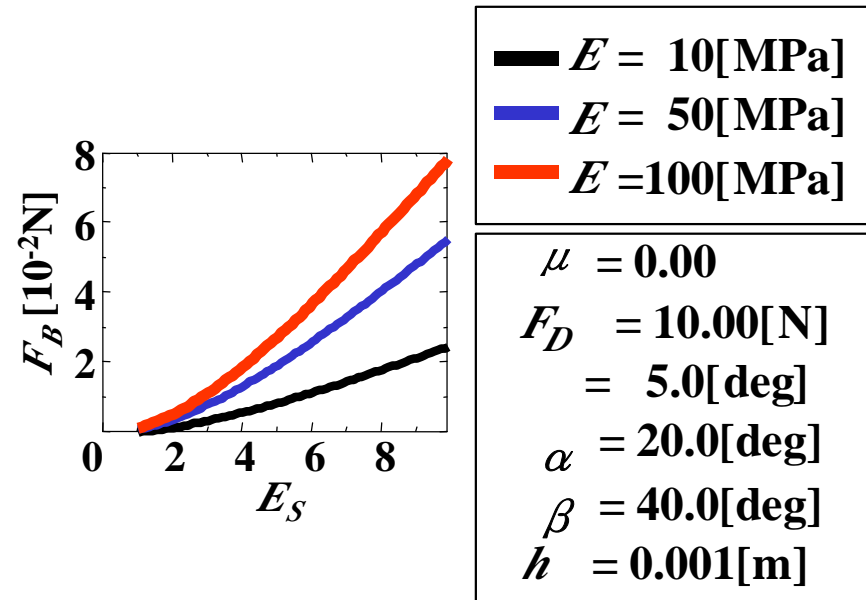
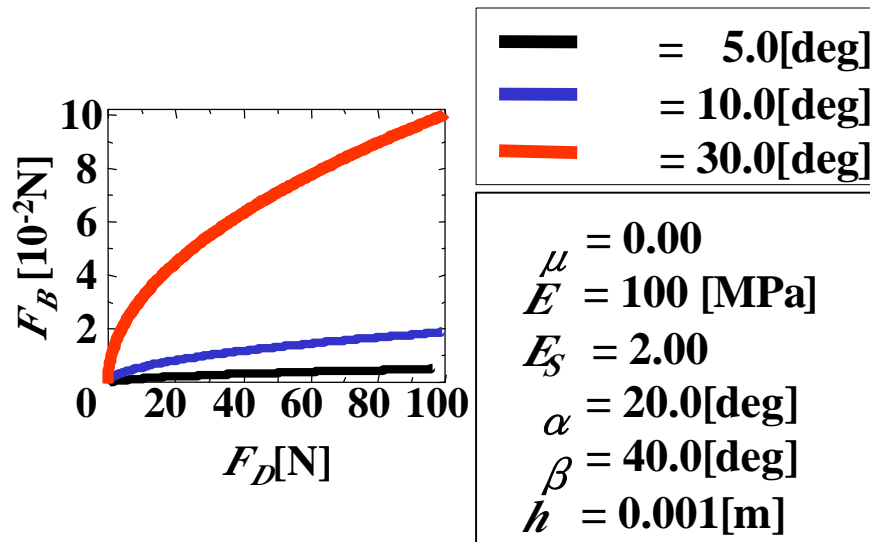
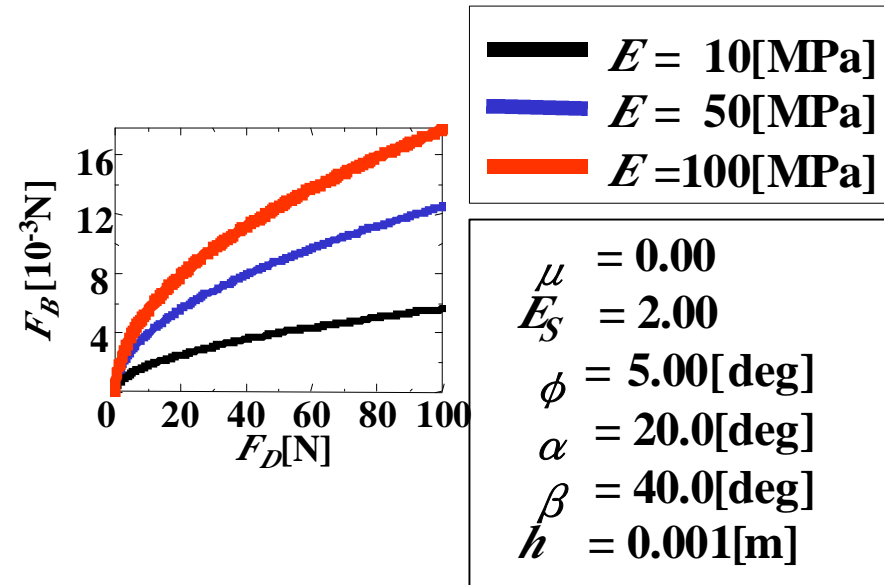
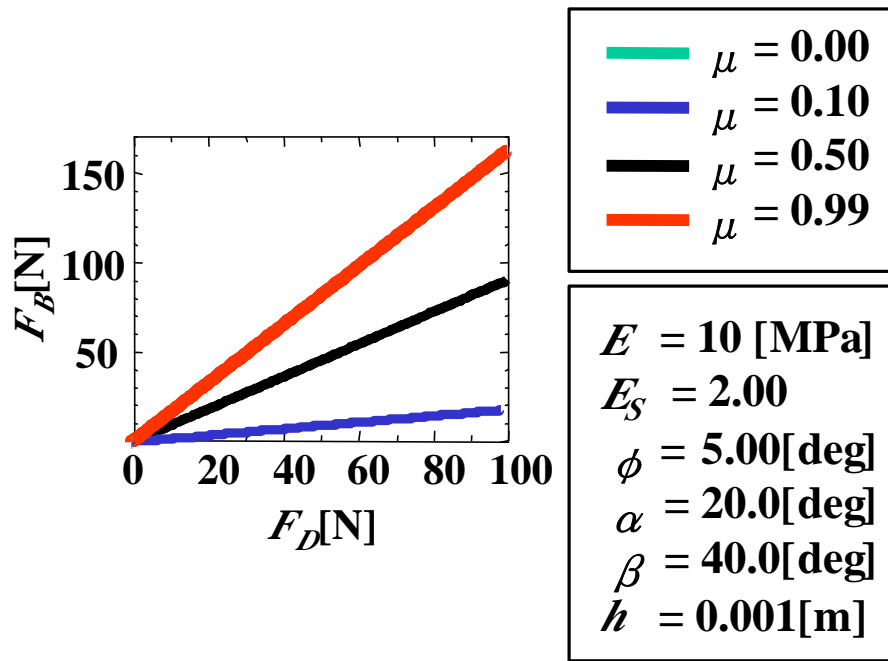
$E_S$  : 見かけの弾性限界

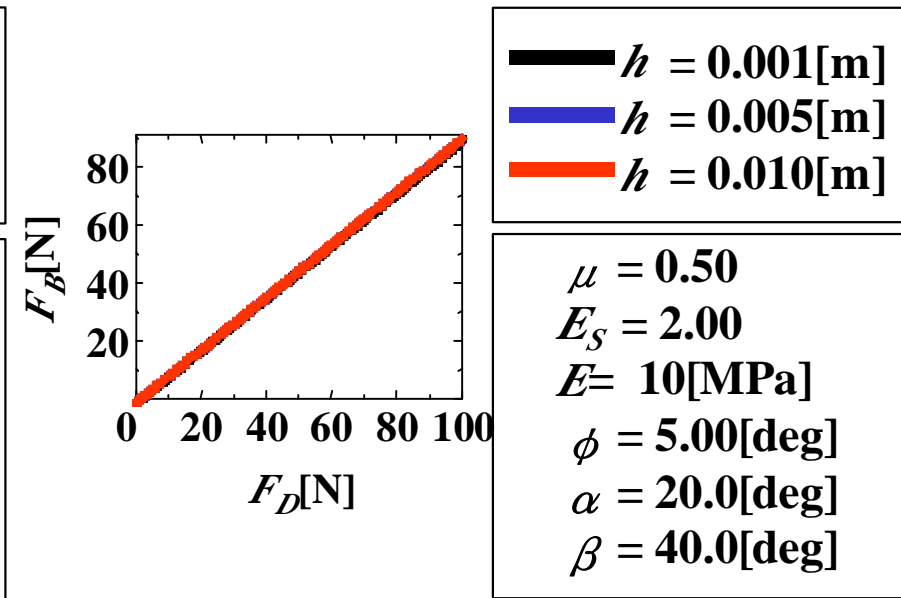
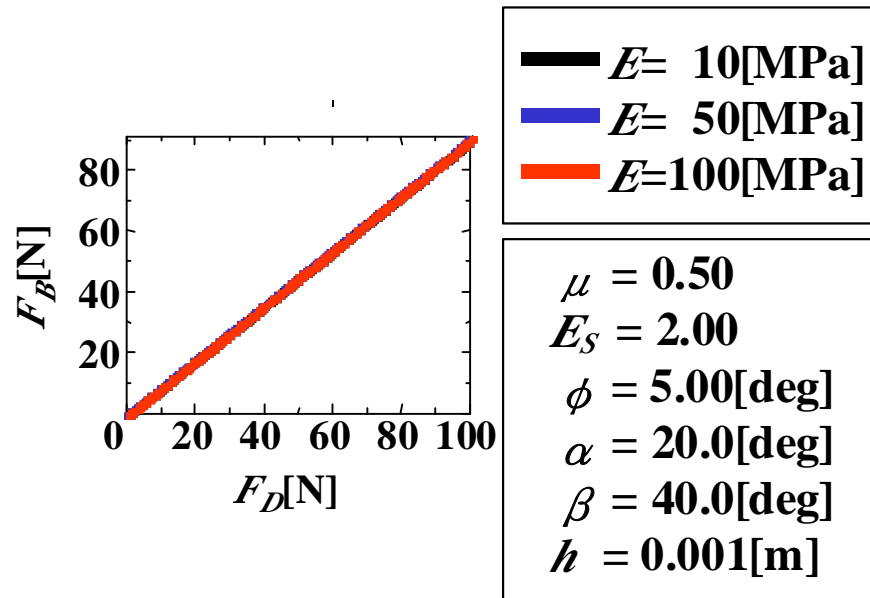
$h$  : ナイフの肉厚[m]

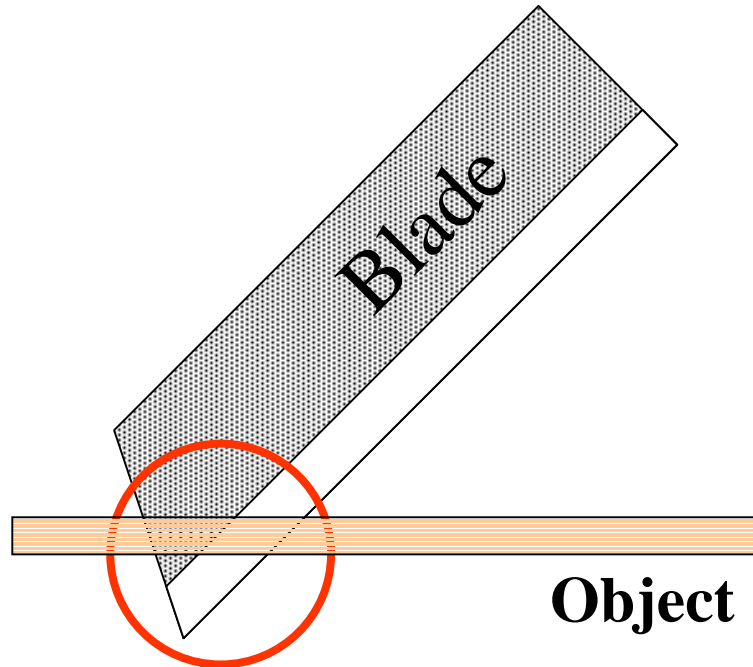
$\alpha, \beta$  : ナイフの侵入角[deg]

$\phi$  : ナイフの刃の鋭さ[deg]

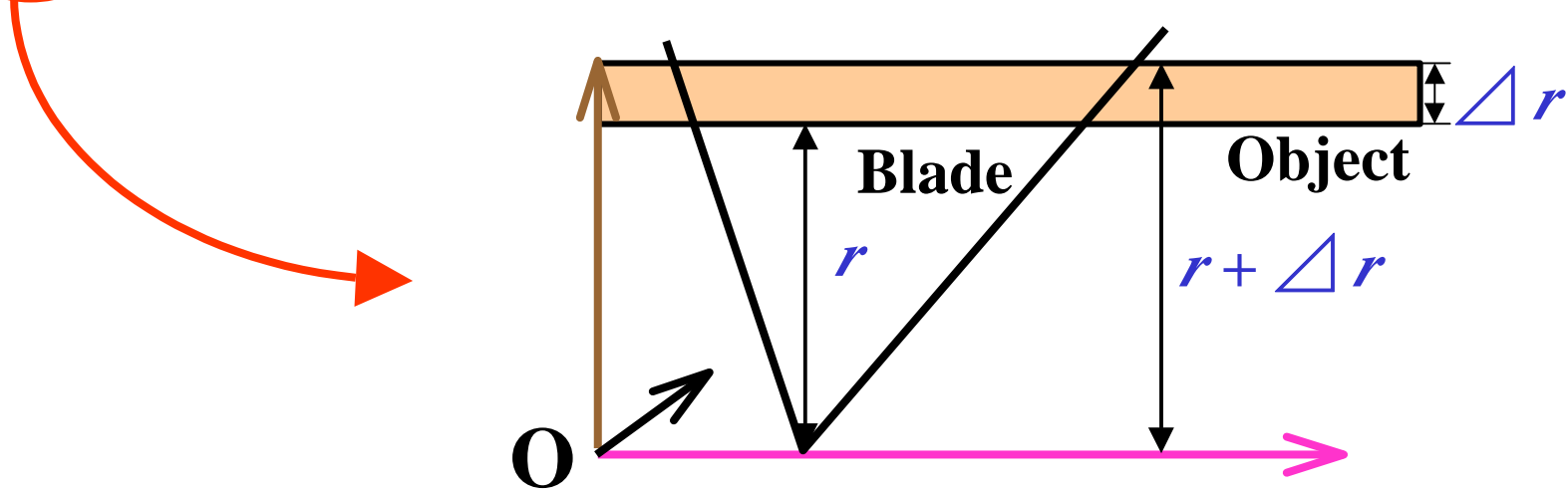
$\mu$  : 摩擦係数







# シート状物体の切離



$$F_S(r) = \frac{1}{2} h^2 E \cos W \left( \frac{E_S \sin W}{2 \cos W + E_S \sin W} \right)^2 \cdot \Delta r + \sim h E r (\tan r + \tan S) \cdot \Delta r$$

$F_S(r)$  : 切離方向の抵抗力[N]

$r$  : 物体を突き抜けた刃の長さ[m]

$\Delta r$  : シート状物体の厚さ[m]

$E$  : ヤング率[N/m<sup>2</sup>]

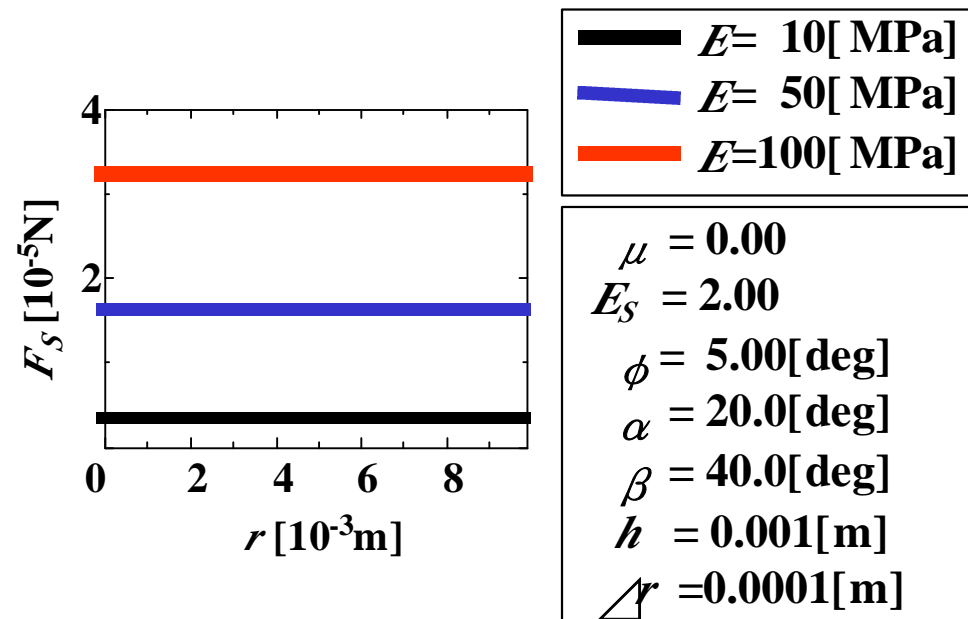
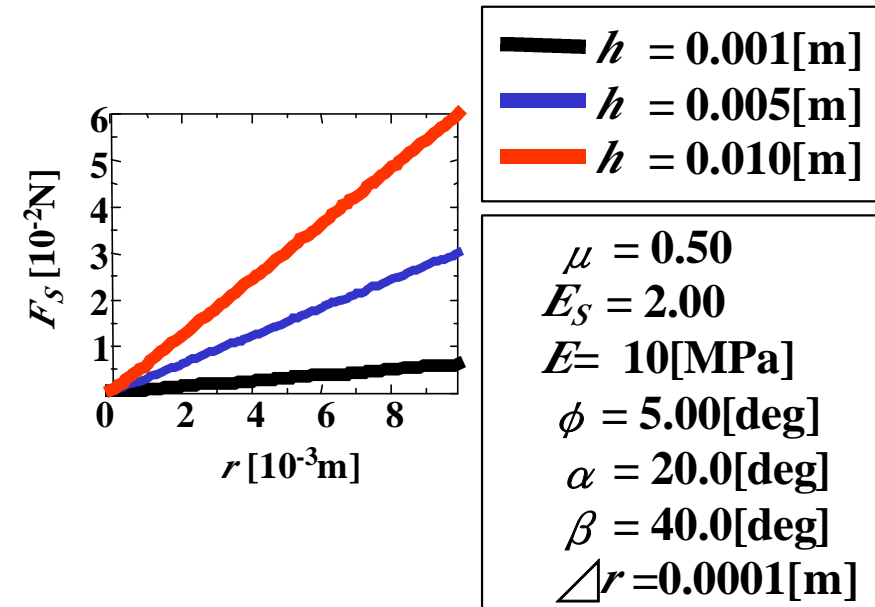
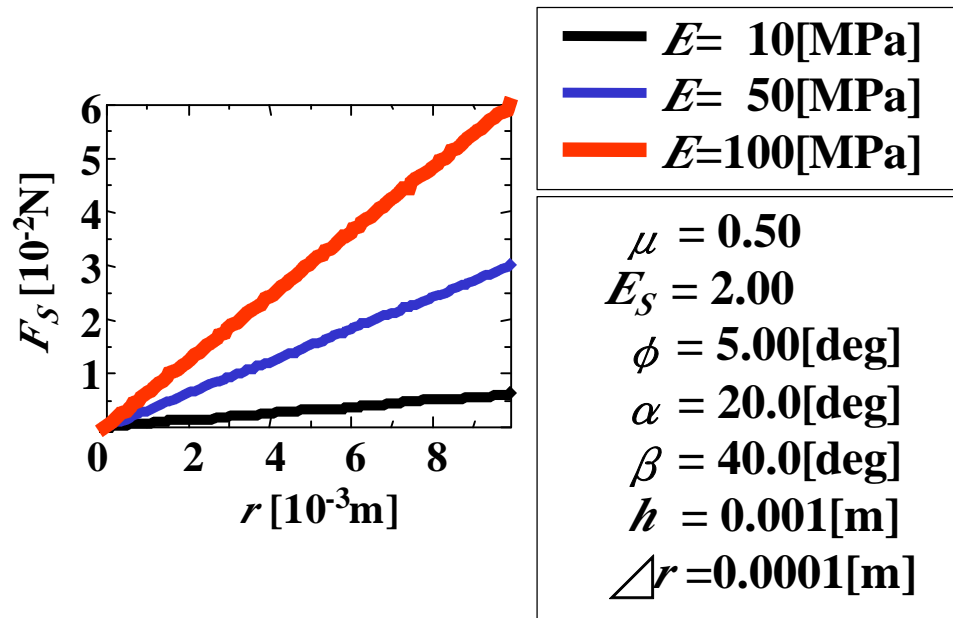
$E_S$  : 見かけの弾性限界

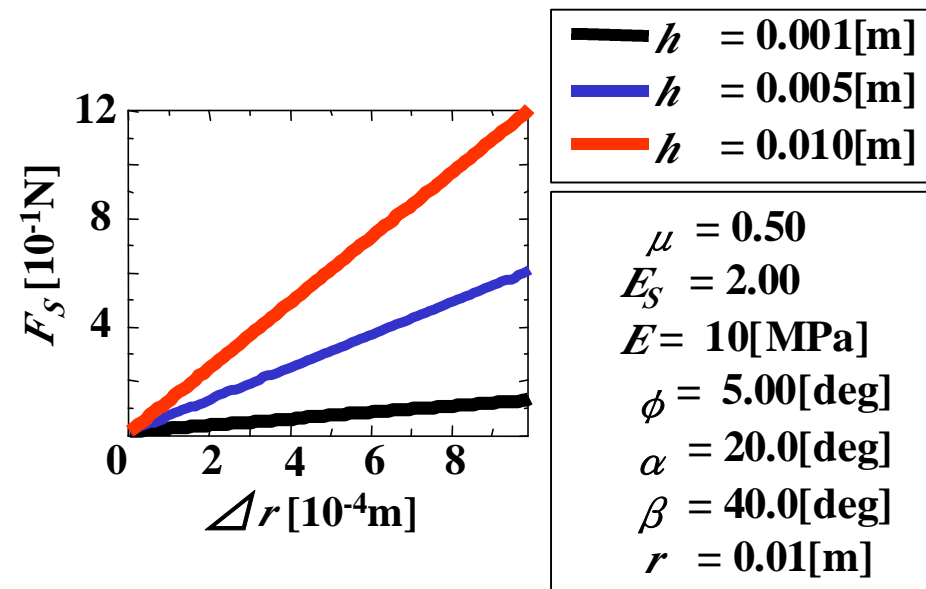
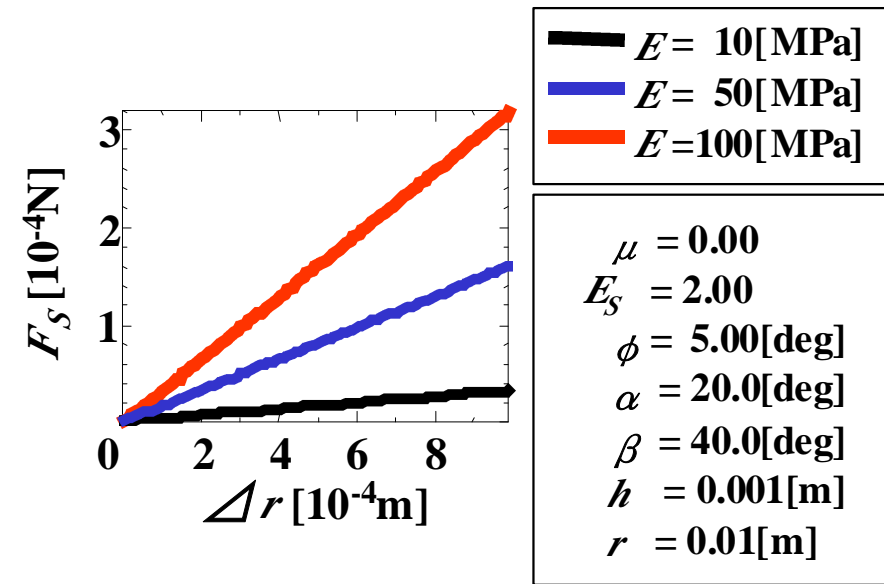
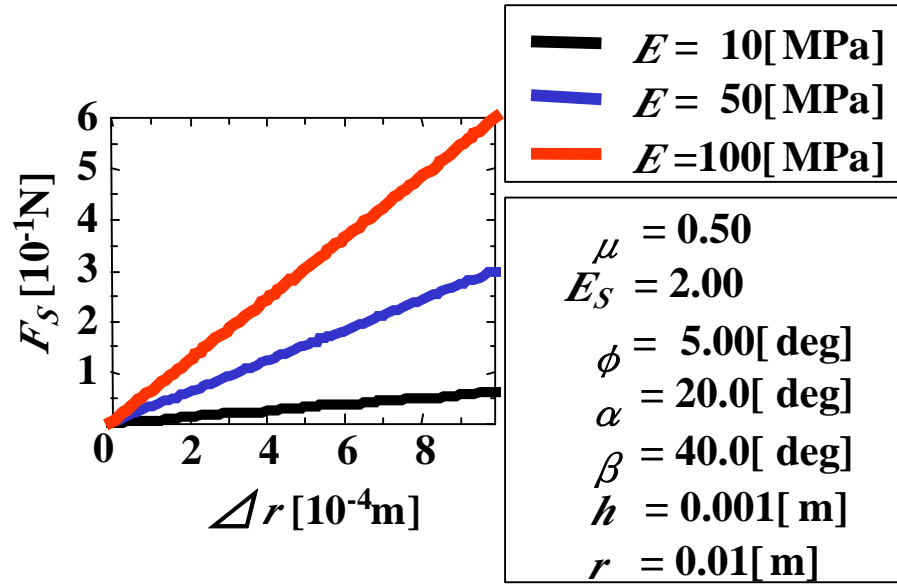
$h$  : ナイフの肉厚[m]

$\alpha, \beta$  : ナイフの侵入角[deg]

$\phi$  : ナイフの刃の鋭さ[deg]

$\mu$  : 摩擦係数







## まとめ

---

- 物理法則に基づいてナイフによる切離機序を解明した
- 各種物性値を反映した切離抵抗力が表現できた
- シート状仮想物体をナイフ型フォースディスプレイシステムに適用した

**本間達, 若松秀俊**

**ナイフ型切離器具による  
切離抵抗力の表現**

**第42回自動制御連合講演会  
1999年11月, 要旨集, pp.289-290**