

# 蚊の口針のメカニズムを模倣した マイクロニードルの穿刺に関するFEMシミュレーション

ナノ・マイクロデバイス研究グループ

山本峻己<sup>\*1</sup>、高橋智一<sup>\*2</sup>、鈴木昌人<sup>\*2</sup>、青柳誠司<sup>\*3</sup>、長嶋利夫<sup>\*4</sup>、功刀厚志<sup>\*5</sup>、千代延真<sup>\*5</sup>、黒岩健<sup>\*5</sup>

(<sup>\*1</sup>院生)(<sup>\*2</sup>システム理工学部 機械工学科 准教授)(<sup>\*3</sup>システム理工学部 機械工学科 教授)(<sup>\*4</sup>上智大学)(<sup>\*5</sup>株式会社JSOL)

## 研究概要・成果

### 研究背景・実施項目

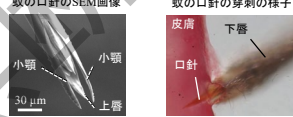
#### 研究背景

近年、注射の際の患者への負担を軽減可能なマイクロニードルが求められている

人間は蚊に刺されてもほとんど痛みを感じない

低侵襲マイクロニードルのモデルとして蚊の口針の機構と穿刺行動に着目し観察

蚊の口針のSEM画像 蚊の口針の穿刺の様子



蚊の口針の特徴  
 ・3本の針(上唇と小顎)を交互に振動させながら穿刺している  
 ・穿刺時に下唇で口針を支持しながら皮膚に吸着している  
 ・皮膚を突き破る際に口針をねじりながら穿刺している

#### 本研究の実施項目

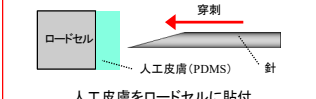
FEMシミュレーションにより

蚊の口針の穿刺メカニズムをマイクロニードルの穿刺に適用する際の有用性を評価した

- ①蚊の下唇のたわみ防止機構の効果の検証
- ②針の回転穿刺・ねじり穿刺の効果の検証
- ③複数針(3本針)の交互振動穿刺の効果の検証

#### 過去の研究

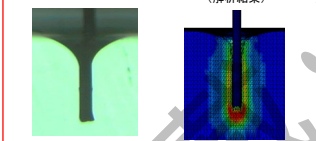
ロードセルによる穿刺抵抗力の測定(穿刺実験)



針の穿刺時に穿刺対象にかかる抵抗力を測定

#### 有限要素法解析

実際の穿刺実験結果 穿刺対象の応力分布(解析結果)

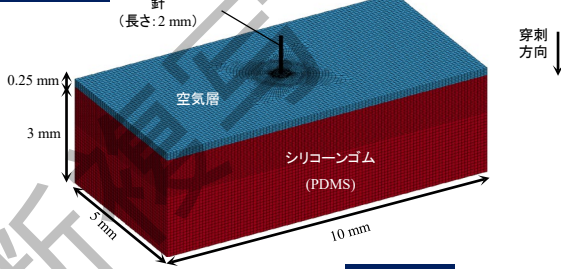


針と穿刺対象の3Dモデルを作成  
 針の穿刺時の穿刺対象の応力分布と針にかかる荷重を測定  
 ・穿刺対象にはシリコーンゴムの物性を使用

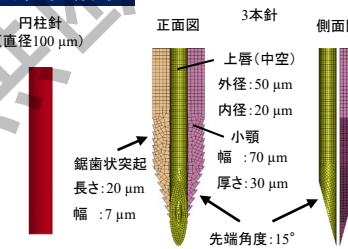
実際の穿刺実験の条件を再現したFEM解析を実施

### 解析モデル・解析条件

#### 解析モデル全体図

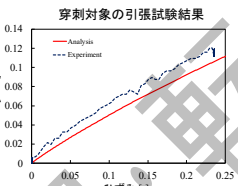


#### 針の先端形状



#### 材料物性

針 : 剛体  
 穿刺対象: シリコーンゴム (PDMS)  
 ヤング率: 約0.5 MPa  
 →解析では粘弾性体として定義 (MAT\_076)

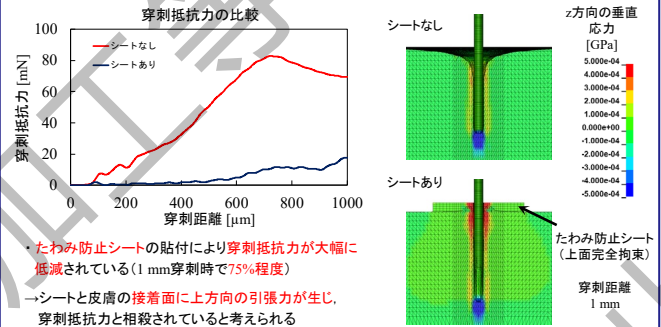


#### 解析条件の詳細

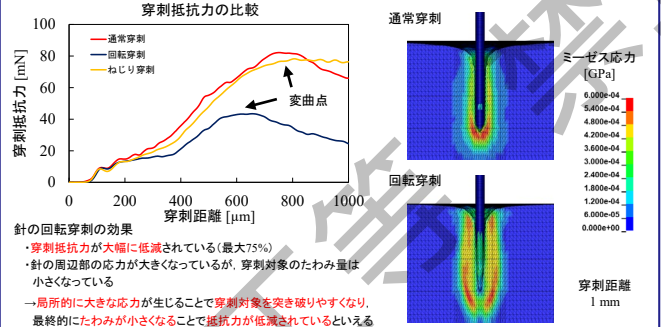
- 共通条件  
 ・ソルバー: LS-DYNA (非線形有限要素法、陽解法)  
 ・解析手法: ALE法(構造解析+流体解析、大変形に対応可能)  
 ・解析時間の短縮: マススケーリングを適用(倍率: 10<sup>4</sup>倍)  
 ・穿刺速度: 1 mm/s、穿刺距離: 1 mm
- 条件①: たわみ防止シートの効果の検証(蚊の下唇の吸着効果を疑似的に再現、円柱針を使用)  
 →穿刺対象上部にPET製シートを貼付(1 mm × 1 mm、厚さ: 100 µm、針穴の直径: 120 µm、ヤング率: 3 GPa)
- 条件②: 回転穿刺・ねじり穿刺の効果の検証(円柱針を使用)  
 →針を回転させながら穿刺する場合、ねじりながら穿刺する場合の解析結果を通常穿刺時の結果と比較
- 条件③: 3本針の交互振動穿刺の効果の検証(蚊の上唇と小顎の動作を再現、3本針を使用)  
 →3本針の交互振動穿刺の場合、同時振動穿刺の場合の解析結果を通常穿刺時(振動なし)の結果と比較
- 回転・ねじり(円柱針)と振動(3本針)の条件  
 ・回転速度: 10 rps (600 rpm)  
 ・ねじりの周波数: 10 Hz、振幅: 180° (p-p)  
 ・振動の周波数: 20 Hz(小顎)、40 Hz(上唇)  
 振幅: 80 µm(小顎)、40 µm(上唇) (p-p)

### 解析結果

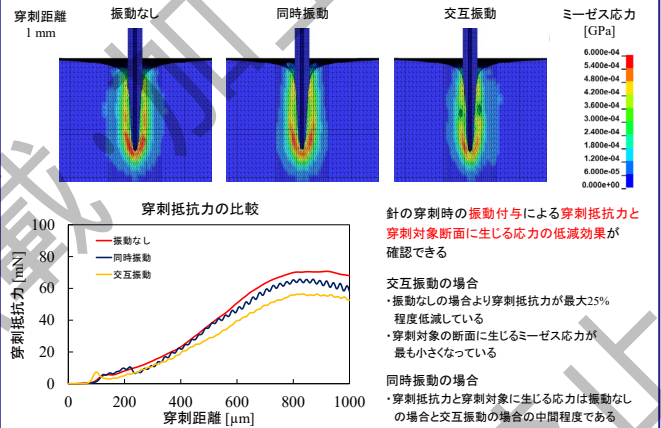
#### ①たわみ防止シートの有無による比較



#### ②通常穿刺と回転穿刺の比較



#### ③3本針の穿刺時の振動付与の効果の検証



### まとめ

#### ●人工皮膚モデルに対するマイクロニードルの穿刺解析を実施

→蚊の穿刺メカニズムをマイクロニードルの穿刺に適用する際の有用性を検討

- ・穿刺対象の表面にたわみ防止シートを貼付することによる穿刺抵抗力和たわみの低減効果
- ・針の回転穿刺による穿刺抵抗力和たわみの低減効果
- ・3本針の交互振動穿刺による穿刺抵抗力和たわみの低減効果を確認した

## 応用分野、実用化可能分野

医療分野・特に糖尿病患者のための採血針を含む低侵襲性医療分野

問合せ先: 関西大学 システム理工学部 青柳誠司 E-mail: aoyagi@kansai-u.ac.jp

関大ORDIST

先端科学技術推進機構

社会連携部 産学官連携センター、知財センター、イノベーション創生センター