

# 歩行シミュレータ試験による人工膝関節の流体潤滑膜形成の評価

小野亮(院)・坂井伸朗・澤江義則・村上輝夫

九州大学大学院工学府・工学研究院

Evaluation of lubricating film formation of the artificial knee joint in walking simulator

Makoto Ono, Nobuo Sakai, Yoshinori Sawae, Teruo Murakami

Graduate School of Engineering and Faculty of Engineering, Kyushu University

## 1. まえがき

人工膝関節の摩耗粉を低減させる手法の一つに、摩擦面間に積極的に流体潤滑膜を形成させ、直接接触を最小限に抑えることが挙げられる。そこで本稿では人工膝関節における流体潤滑モードの可能性を検討するために、人工膝関節に於いて、形状、潤滑液の粘度、軟質層の有無などのパラメータが、歩行時での流体潤滑膜形成に与える影響を評価した。

## 2. 方法

試験機には膝関節運動の6自由度のうち、屈曲伸展、回旋、前後動、軸方向荷重の4自由度を再現できる膝関節シミュレータを使用し、軌道にはISO WD 14243-000(ドラフト)で提案されたデータ(Fig.1, ただし前後移動量を半減)を採用した。流体膜形成の評価には電気抵抗法<sup>1)</sup>を用いた。電気抵抗法では摩擦面間での電圧を測定し、分離度=測定電圧/完全分離電圧(=1:分離, =0:接触)として定義した。電気抵抗法を用いる場合、摩擦面双方が導電性物質である必要があるため、脛骨コンポーネントの超高分子量ポリエチレン(以下UHMWPEと略す)の摩擦面表面にスパッタ法により銅の薄膜(1.5 $\mu$ m)をコーティングした。

試験片として、大腿骨側コンポーネントに京セラ社製のN-KOM STD(Co-Cr合金製)を用い、脛骨側にはUHMWPE(E=800MPa, Rmax=2.6 $\mu$ m)と、人工軟骨を模擬した導電性イソブレンブタジエンゴム(JIS硬度80, 厚さ2mm)の二種類の平板を使用した。潤滑液には粘度等級の異なるシリコンオイル(信越シリコン社製, S-1, S-10, S-100, S-1000, S-10000, 数値は25での動粘度mm<sup>2</sup>/sを表す)を用いた。動作周期は1.0s, 1.5sとした。

## 3. 結果

### 3.1 UHMWPE

高粘度下において流体潤滑膜の形成が確認できるが、Phaseで5%, 20%付近, 40~50%, 80%に於いて直接接触をしていることが確認できた。また粘度の低下と共に分離度が低下し、100mm<sup>2</sup>/sでは全域に渡って完全に接触していることが確認できた。一般的に動作周期が短い(T=1.0s)の方が流体膜形成に優位であると考えられるが、動粘度10000mm<sup>2</sup>/sでは動作周期が長い方(T=1.5s)が

高い分離度を保っている領域が見られた。(Fig.2(a), (b))

### 3.2 導電性ゴム

1mm<sup>2</sup>/sと非常に低粘度条件下でも部分的に流体潤滑膜を形成している領域が確認できた。(Fig.3)

## 4. 考察

分離度の低下は、主に軸荷重の極大領域や運動の逆転域で見られており今回の評価方法の信頼性の高さを表していると思われる。過度の高粘度下では動作周期が短いと潤滑液の接触面間への供給が間に合わず、接触を起こしたと考えられる。流体潤滑膜形成に於いては、摩擦面への軟質層の適用は非常に有用だと考えられる。

## 参考文献

[1] T. Murakami et al., Thin Film Tribology, Elsevier (1993), 673-682.

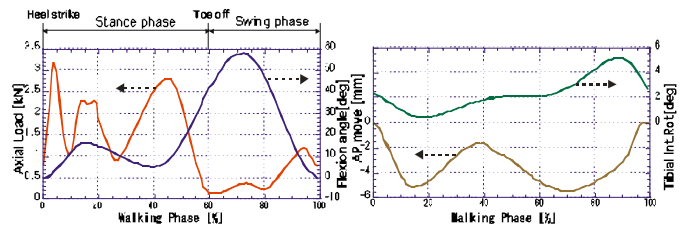
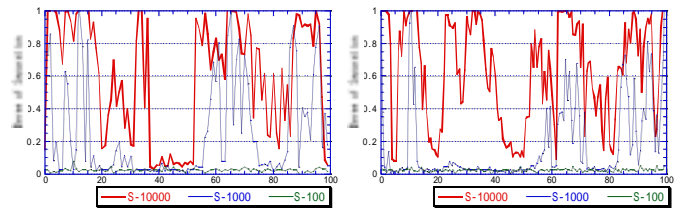


Fig.1 Data of trajectory in knee joint simulator



(a) Walking period T=1.0s (b) Walking period T=1.5s

Fig.2 Influence of lubricant viscosity on fluid film formation for smooth UHMWPE flatplate

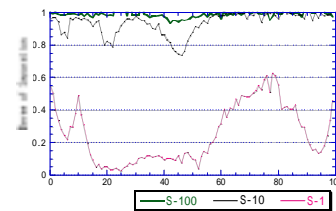


Fig.3 Influence of lubricant viscosity on fluid film formation for rubber flatplate